10•2022

www.radio.ru

# РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

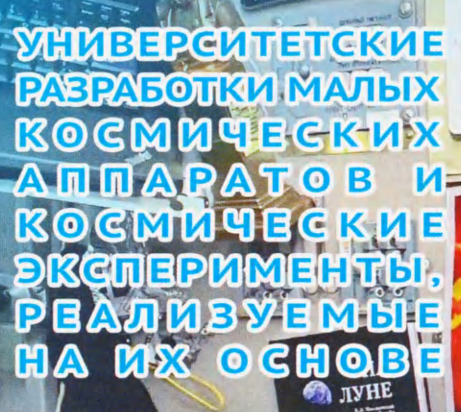



- Фонарь с ионистором
- УМЗЧ без ООС по сигналу
- Искатель скрытой проводки
- Разрядно-зарядное устройство

...и ещё 12 конструкций

10 2022

ISSN-0033-765X
9 770033 765009 22010



# УНИВЕРСИТЕТСКИЕ РАЗРАБОТКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И КОСМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ НА ИХ ОСНОВЕ

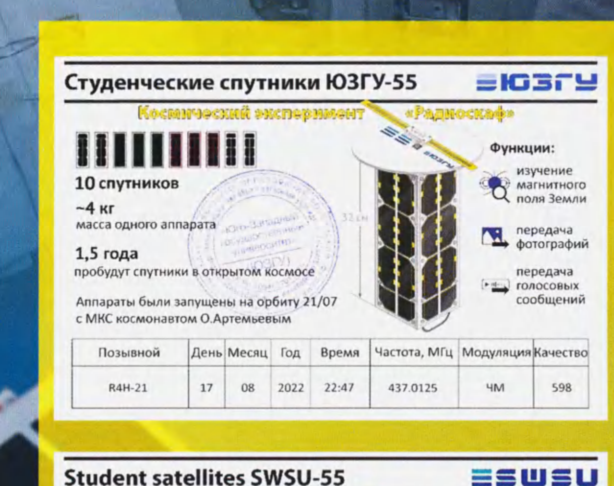



С. ЕМЕЛЬЯНОВ, д-р техн. наук, г. Курск, С. САМБУРОВ, г. Королёв Московской обл., О. АРТЕМЬЕВ, канд. экон. наук, Звёздный городок Московской обл., Е. ШИЛЕНКОВ, канд. техн. наук, С. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, Е. ТИТЕНКО, канд. техн. наук, Д. ДОБРОСЕРДОВ, Д. ЗАРУБИН, А. ЩИТОВ, Д. КОПТЕВ, г. Курск

(см. статью на с. 13)



Рис. 2



**Студенческие спутники ЮЗГУ-55** ЮЗГУ

Космический эксперимент «Радиоскаф»

10 спутников

~4 кг
масса одного аппарата

1,5 года
пробудут спутники в открытом космосе

Аппараты были запущены на орбиту 21/07 с МКС космонавтом О.Артемьевым

Функции:
- изучение магнитного поля Земли
- передача фотографий
- передача голосовых сообщений

| Позывной | День | Месяц | Год | Время | Частота, МГц | Модуляция | Качество |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R4H-21 | 17 | 08 | 2022 | 22:47 | 437.0125 | ЧМ | 598 |

**Student satellites SWSU-55** SWSU

Space experiment «Radioskaf»

10 sitellites

~4 kg
weight of one device

1,5 year
satellites will stay in outer space

The devices were launched into orbit on 21/07 with the ISS cosmonaut O. Artemiev

Functions:
- the study magnetic fields of the Earth
- broadcast photos
- broadcast voice messages

| Call Sign | Day | Month | Year | UTC | Frequency, MHz | Mode | RST |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R4H-21 | 17 | 08 | 2022 | 22:47 | 437.0125 | FM | 598 |

Рис. 4

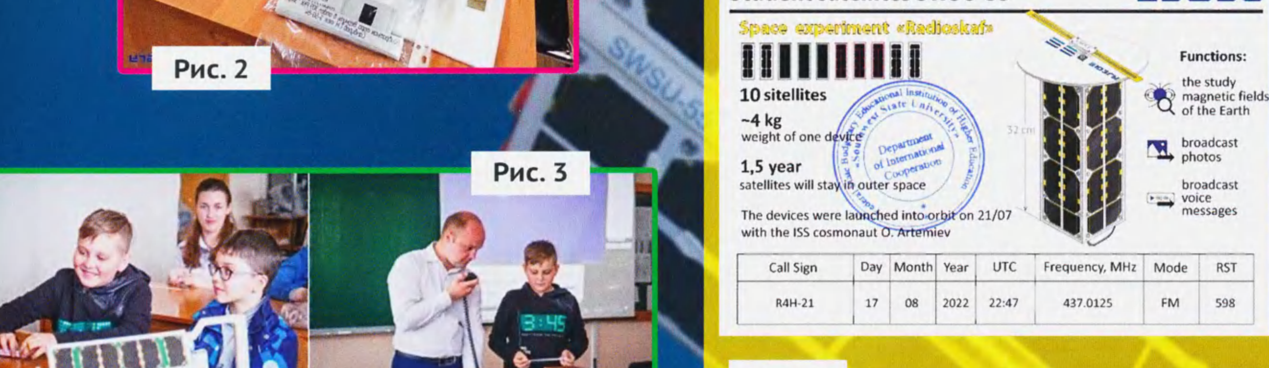


Рис. 3

Юго-Западный государственный университет

**Диплом**

**Amateur Satellites SWSU-55**

**Radioskaf**



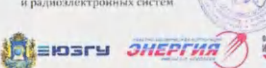
Настоящим дипломом утверждается, что **17.08.2022**

**Денис Рагазин (R4H-21)**

успешно принял(а) 10 разных SSTV изображений и голосовых сообщений, а также раскодировал(а) 10 APRS сообщений телеметрии от малых космических аппаратов, созданных на платформе «ЮЗГУ-55», в рамках эксперимента «Радиоскаф», направленного на популяризацию космических исследований.

Директор НИИ космического приборостроения и радиоэлектронных систем — Шиленков Е.А.





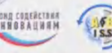



Рис. 5

# УНИВЕРСИТЕТСКИЕ РАЗРАБОТКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И КОСМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ НА ИХ ОСНОВЕ

(см. статью на с. 13)


































Рис. 6




Рис. 7




Рис. 8

**В НОМЕРЕ:**



**На нашей обложке.** Университетские разработки малых космических аппаратов и космические эксперименты, реализуемые на их основе (см. статью на с. 13).

**ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ УМЗЧ**
**СИГНАЛИЗАТОР УТЕЧКИ ГАЗА**
**УПРАВЛЯЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ**
**БАЛАНСИР Li-Ion АККУМУЛЯТОРОВ**


**Тираж журнала «Радио» № 9 сдан для рассылки подписчикам 06.09.2022 г.**

Издаётся с 1924 года

# РАДИО®

10•2022
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030



**Адрес редакции:** 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
**Приём статей** — e-mail: **mail@radio.ru**
**Отдел рекламы** — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
**Распространение** — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
**Подписка и продажа** — (495) 607-77-28
**Бухгалтерия** — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 23.09.2022 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.



Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 03973-22.



# О вратах "рая"

*А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва*

*"Конечно, общую идею хоть какую-то дать надо — для того, чтобы делали дело с пониманием, — но дать лишь в минимальной дозе, иначе из них не выйдет хороших и счастливых членов общества".*

**Олдос Хаксли**
**"О дивный новый мир"**

Прогресс в сфере инфокоммуникационных технологий в развитых с этой точки зрения странах коснулся каждого гражданина вне зависимости от того, хочет он этого или нет. В XXI веке многие страны ударными темпами выстраивали цифровое государство с системами цифрового контроля и управления не только экономикой, но и населением вообще, вплоть до каждого отдельно взятого человека. Ну, а волны пандемии убедительно показали, что на планете достаточно вычислительных ресурсов, чтобы не только отследить каждый шаг каждого человека, но и даже ограничить его действия и перемещения.

И вот уже с учётом последнего широко тиражируется термин цифровой электронный концлагерь. Собственно, многие ИТ-проекты были нацелены (специально или косвенно) на ограничение прав и свобод человека, почему и получили такое название, которое, впрочем, не так уж и ново. К примеру, двадцать лет назад компания IBM показывала в своих презентациях корпоративное решение, где все работники имели перед собой лишь дисплей с клавиатурой, а всё остальное, вроде копирования, отправки сообщений и перезаписи, делала общая рабочая станция по особому разрешению местного "ИТ-надзирателя". В презентации был слайд с фото настоящего концлагеря, и это была, конечно, невесёлая шутка.

С тех пор прошло 20 лет, и мы имеем то, что имеем. Поэтому нет никаких сомнений, что и в последующие двадцать лет всей человеческой цивилизации предстоит пережить смену во многих аспектах своего развития, в том числе и с точки зрения присутствия каждого индивидуума в информационном поле. Новые технологии и системы связи в очередной раз существенно изменят быт людей и само понятие доступности информации по всему миру. Взять хотя бы тактильный Интернет или голографическое присутствие, планируемые к реализации в системах мобильной связи 6G.

Регулярно журналисты и общественность заводят разговор о какой-нибудь теории мирового заговора, о тотальном контроле и последующем уничтожении его не желающих. Разумеется, исключить такое нельзя, и на планете есть люди, которым другие люди мешают жить. С другой стороны, есть определённые технологические, экономические и политические тренды того, куда движется мир. Прогресс нельзя остановить, а если такие попытки делаются, то обычно оборачиваются против своих инициаторов. Другое дело, что результаты развития технологий начинают активно осваивать социальную сферу, вторгаясь в частную жизнь или в то, что мы под ней подразумеваем.

Известная фраза "кто владеет информацией — владеет миром" формулирует стратегическую направленность власть предержащих во все времена. Поэтому неудиви-

тельно желание последних получать больше этой самой информации. Если бы мы перенеслись по времени далеко назад, когда ещё не было не только ИТ, но и многого другого, мы бы обнаружили, что информацию собирают всевозможные стукачи, соглядатаи и доносчики, причём часть из них находится на содержании у богатых господ, а значительная часть просто занимается этим "из любви к искусству".

Было бы странно, если бы в наше время оказалось, что все эти люди куда-то подевались. Разве на то появились сейчас убедительные причины? Поэтому не стоит удивляться техническому прогрессу, а стоит получше разобраться с философским понятием свободы и оценивать риски, появляющиеся в результате использования последних достижений ИТ. Системы массового контроля сильно эволюционировали и продолжают развиваться. Следует понимать, что они часто используются для блага общества, что пока перевешивает потенциальные минусы. К примеру, в настоящее время можно отследить вора по видеокамерам или по поступлению украденных в данный момент денег на привязанный к мобильному номеру его счёт. Расшифровка телефонных разговоров в зоне совершения преступления — обычная практика следственных органов. Чтобы понять, чьё это лицо определилось при входе в метрополитен, можно получить данные с его смартфона. В общем, это отличный способ борьбы с преступностью и любыми видами криминала. Государство не использует подобные системы для массовой слежки, как правило, объект — это всегда человек. В процентном соотношении от числа всех остальных их весьма немного.

С другой стороны, если стоит цель зарабатывания денег, то без соответствующего контроля получиться может что угодно. К примеру, фото-видеофиксация нарушений правил дорожного движения уже давно никого не удивляет, но, однако же, встречались факты неправильной настройки оборудования, в результате чего штрафовались вполне законопослушные граждане. Собственно, все компании, которые вкладываются в подобные проекты, нацелены на извлечение прибыли. Будь то государство, заинтересованное в увеличении налогов и штрафов, или коммерческая структура, нацеленная на увеличение продаж.

Почти каждый из нас носит с собой смартфон, все разговоры и сообщения с которого записываются и хранятся в соответствии с "законом Яровой". Контекстная реклама, появляющаяся внезапно после наших разговоров с друзьями на те или иные темы, — из той же "оперы". Оцифровка наших жизней идёт полным ходом, хотим мы того или нет. Платформы Big Data, помогающие, к примеру, определить наиболее целесообразное размещение торговых точек и оптимизировать затраты на их организацию, собирают данные о движении горожан, и их пользователи считают эти данные своей собственностью (данные могут быть куплены у операторов мобильной связи, но суть владения от этого не меняется). Горожане обо всём этом понятия не имеют. С другой стороны, вы говорите про права человека, гражданские свободы и что Facebook/Meta запустила свои грязные руки в ваши смартфоны. Однако в последних установлено приложение, и когда вы его ставили, то согласились с 50-страничным документом о том, как эти данные будут использоваться и для чего. Ещё, с одной стороны, вообще удивительно, когда граждане, выкладывающие куда-либо свои фото в стиле "ню", потом искренне негодуют по поводу появления своих изображений совсем не в том месте, в котором им бы хотелось. Частная жизнь возможна только в рамках вашего жилья, вне квартиры или дома вы попадаете в общественные пространства, где вас постоянно снимают тысячи камер и отслеживают каждый ваш шаг. Чуть позже к этому добавится контроль разговоров, их распознавание. Пройдёт время, научатся распознавать и мысли...

Итак, развитие технологий неудивительно, удивительно, как это может быть использовано на глобальном уровне для создания настоящего электронного концлагеря или, используя термин Олдоса Хаксли, "нового дивного мира". По словам экономиста и публициста Валентина Катасонова, локомотивами процесса строительства электронного концлагеря небезосновательно считались американские ИТ-корпорации, такие как Microsoft, Apple, Google, Amazon, Facebook и другие. Их ещё называют "силиконовой мафией", поскольку много их штаб-квартир или подразделений находятся в калифорнийской Силиконовой (Кремниевой) долине. Термин "мафия" означает, что они действуют скоординированно, преследуют общие цели, которые, мягко выражаясь, подчас идут в разрез с интересами общества.

Стратегической целью "силиконовой мафии" является превращение не только США, но и всего мира в один большой "электронный концлагерь". Действия силиконовой мафии вписываются в ещё более глобальный план, который не так давно был озвучен президентом Всемирного экономического форума Клаусом Швабом. План под названием "великая перезагрузка", преследующий цель построения "дивного нового мира", которым будет править узкая группа людей, — мировая элита.

Правда, в реализации плана уже возникли некоторые сбои. Среди политиков и граждан Америки неожиданно возросло противодействие планам "силиконовой мафии". Даже американский президент Джо Байден, который своей победой полностью обязан ИТ-корпорациям, успел намекнуть, что необходимо ограничить монополизм этих гигантов на американском рынке. Впрочем, с построением мирового "электронного концлагеря" у "силиконовой мафии" возникла ещё одна серьёзная проблема.

Во-первых, выступление на саммите всемирного экономического форума председателя Китайской Народной Республики Си Цзиньпина показало, что Поднебесная далеко не во всём согласна с планом "великой перезагрузки". Китайский лидер намекнул, что сегодня только КНР способна возглавить процесс глобализации. Не только экономической и финансовой, но также информационной: "Китай будет и впредь продвигать научно-технические инновации".

Во-вторых, стало ясно, что мирового "электронного концлагеря" не получится по той причине, что Пекин уже создал на подведомственной территории свой "электронный концлагерь" — систему социального рейтинга для полутора миллиардов граждан КНР, о которой уже упоминалось на страницах журнала. Основой системы являются различные данные, собираемые о гражданах КНР.

В феврале 2018 г. Народный банк Китая одобрил инициативу компаний Tencent и Alibaba Group по созданию системы кредитного рейтинга граждан на основе онлайн-покупок и профилей в социальных сетях.

В качестве третьего источника выступают "сознательные" граждане, которые должны сообщать о поведении "несознательных". Иначе говоря, всячески поощряется доносительство.

Ещё одним поставщиком информации являются многочисленные камеры видеонаблюдения (более полумиллиарда), по числу которых Китай опережает все страны, включая США. Успешно были протестированы технологии проекта создания национальной базы данных на основе распознавания лиц. Согласно заявлениям властей, искусственный интеллект сможет за 3 с узнать в лицо каждого из почти полутора миллиардов жителей страны.

По результатам работы системы в 2018 г. приблизительно 17,46 млн "дискредитированных" китайцев лишились права покупать билеты на самолёт, а ещё 5,47 млн больше не могут покупать билеты на скоростные поезда. Тогда же сообщалось, что в Китае было зафиксировано 290 тыс. случаев, когда частным лицам с низким рейтингом запретили занимать руководящие должности или быть юридическими представителями компании. Более 3,59 млн китайских организаций были добавлены в официальный чёрный список, который запрещал им заниматься различными видами деятельности, включая торги по проектам, выход на рынки ценных бумаг, участие в земельных аукционах и выпуск корпоративных облигаций. В связи с начавшейся в стране и мире эпидемией (пандемией) коронавируса в базе данных системы появился блок информации о состоянии здоровья человека и о соблюдении им правил жизни в условиях COVID-19.

С 1 января 2021 г. китайская система социального рейтинга стала общенациональной и получила легальный статус. В этом году вступил в силу новый гражданский кодекс КНР, в котором нашли своё место положения о системе социального рейтинга. С 1 января этого года каждого китайца как бы наделили стартовым капиталом в 1000 баллов. Единый информационный центр анализирует каждого по 160 тысячам различ-






ных параметров из 142 учреждений. Если рейтинг больше 1050 баллов, то ты попадаешь в категорию "образцовый гражданин", которого маркируют индексом ААА. С 1000 баллов можно рассчитывать на А+, а с 900 — на В. Если рейтинг ниже 849, то это уже подозрительный для общества и власти человек с индексом С, такому уже могут отказать в работе в государственных организациях и муниципальных структурах.

"Чёрную метку" получают те, кто маркирован индексом D, это меньше 599 баллов. Это уже изгои китайского общества. Таким сложно устроиться на любую работу. Им откажут в кредитах, билетах на транспорт, им могут даже отказать в аренде велосипеда. От человека из группы D будут шарахаться как от прокажённого или инфицированного. Потому, что даже общение с таким изгоем может привести к снижению рейтинга человека из более высоких рейтинговых групп.

По новому кодексу китайцы будут получать баллы за поддержку правительства в социальных сетях, наличие хорошей финансовой кредитной истории, совершение любого героического поступка, участие в благотворительной деятельности, заботу о пожилых членах семьи, хорошие отношения с соседями и помощь бедным, сдачу донорской крови и т. п. Одновременно предусмотрены действия, за которые у граждан могут вычитать баллы. К таковым относятся: распространение слухов и фейков в Интернете (что можно считать фейками, а также то, кто будет определять, что та или иная информация фейк, — большой вопрос), нарушение правил дорожного движения, участие в протесте против властей и размещение антиправительственных сообщений в социальных сетях, неудовлетворительная помощь стареющим родителям, неискренние извинения за совершённые преступления, участие в деятельности сект и жульничество в онлайн-играх и т. п.

Какова история развития китайского социального рейтинга? Было решено объединить несколько баз данных и посчитать. Человек, у которого не выплачены алименты и много штрафов, — он антисоциальный человек. Его, например, не выпускают за рубеж или предлагают гораздо большую ставку по ипотеке. Разве это плохо? Плохо, что критерии могут быть весьма "растяжимыми".

Короче говоря, в приведённом виде ИТ-система в некотором роде заменяет совесть и провоцирует граждан на этичное поведение. Не секрет, что подобные системы будут создаваться и впредь, учитывая жажду получения всё более полной информации. Вопрос, кто определяет допустимые границы того и другого, всё равно останется либо предметом дискуссий, либо будет решаться принудительно.

Впрочем, идеи "великой перезагрузки", очевидно, также никуда не делись. Видимо, нечто похожее на описанное выше хотели создать ИТ-корпорации Силиконовой долины и господин Клаус Шваб. Как и всегда, у новых стратегических идей есть свои "певцы". В частности, Юваль Ной Харари, автор книги "Краткая история человечества", ожидает, что появится новый вид человека — homo deus (человек божий), который впитает в себя все возможности технологий, за счёт биотехнологий будет думать быстрее, за счёт доступа к информации будет принимать решение лучше, за счёт биохакинга будет жить дольше. А все остальные граждане будут обычными плебеями, и разрыв между ними станет непреодолим.

Иначе говоря, очередной новый мировой порядок (новый "рай") будет включать мировую элиту (мафию), которой доступны все передовые технологии, достижения медицины, фарминдустрии, биотеха, что позволит им значительно продлить полноценную жизнь. Их будут охранять частные дружины, частные военные компании с наземными, воздушными, надводными и подводными роботами-беспилотниками. В "золотой миллиард" войдут жители нескольких сотен огромных городов-агломераций. Они сохранят ряд возможностей, достижений цивилизации, но будут полностью подконтрольны хозяевам "цифрового концлагеря".

Демографически обусловленные потребности основной массы человечества (здоровое питание, путешествия, отдых, здравоохранение, образование, культура, творчество и пр.) сокращаются. Что и наблюдается по всему миру. При этом сверхпотребление, деградационно-паразитические потребности для избранных сохраняются. Ресурсы и капиталы перераспределяются в пользу представителей крупного капитала. Средний класс разоряется, теряет прежний образ жизни. Бедные становятся ещё беднее.

Людей, к примеру, делят на касты (кто знает, сколько ещё будет пандемий): вакцинированных (лояльных) и нелояльных диссидентов. Лояльным обещают безопасность и возвращение привычной жизни, хотя она никогда уже не будет прежней. Формируется "золотой миллиард" из тех, кто будет находиться в условно безопасных, зелёных зонах. Оставшиеся на периферии будут лишены привычного образа жизни, школы, системы здравоохранения (тех, кто отказался от вакцинации, предлагают не пускать в больницы либо лечить только за их счёт), безопасности, работы и т. д. Всё это уже опробовано и может быть проконтролировано. В общем, это будет общество тотального контроля и электронно-цифрового фашизма. Собственно, ничего нового в загнивающем монополистическом капитализме (другое дело, что этим капитализмом охвачен сегодня практически весь мир).

Ещё в 60—70-е годы XX века на Западе решили, что нужно сократить потребление сырьевых ресурсов Земли за счёт сокращения населения до 2...3 млрд человек путём войн, революций, национальных, религиозных геноцидов, голода, наркотиков, эпидемий и пр. Так что ничего принципиально нового в сказанном выше нет. Нынешний суррогат мировой войны в виде пандемии, её сопутствующих ограничений и последствий как раз решает эту задачу. В сущности, это спланированный (в том числе и в биолабораториях) геноцид. В сфере большой политики это выражается в "устойчивом развитии человечества", в теме глобального потепления, зелёной революции, когда под предлогом защиты экологии разрушают производство, сельское хозяйство, людей лишают нормального питания. В сущности, прежняя порочная концепция сохраняется, как деление людей на избранных и прочих. Этакая смесь нового рабовладельческого, феодального и капиталистического строя.

А на подходе новые технологии. Вот прошла информация о том, что за рубежом появились первые граждане, которым внедрён нейроинтерфейс для "мысленной связи с Интернетом". Сей интерфейс, несомненно, будет развиваться, да и Интернет — система интерактивная. Неровён час, появится возможность влиять на мысли и поступки, и страшные предсказания писателей-фантастов прошлого станут детским лепетом по сравнению с реальной действительностью.

Впрочем, далеко ходить не надо. Можно открыть ГОСТ Р 43.0.3-2009 (переиздан в октябре 2018 г.) "Ноон-технология в технической деятельности", где в п. 3.57 сказано, что такое "цефализация деятельности мозга: изменение мышления, мыслительной деятельности мозга оператора применением информационных воздействий на физиологическую структурно-организменную деятельность мозга для управления его информационно-интеллектуальной деятельностью". Отбросив наукообразную оболочку, можно увидеть стандартизированное (закамуфлированное) действие по управлению головами граждан, т. е. легализуется вмешательство в работу мозга с помощью высокотехнологичных средств. Возможно, составители ГОСТа имели в виду нечто другое информационно-прогрессивное (интересно, кстати, а Минздрав об этом ГОСТе знает?), но дьявол, говорят, кроется в деталях. Не хотелось бы получить здесь очередные следы "силиконовой мафии".

А вот патент Билла Гейтса WO/2020/060606 на технологию "Система криптовалюты, использующая данные активности тела" (Cryptocurrency system using bodyactivity data — CSUBAD). Иначе говоря, это протокол вознаграждения носителя чипа за выполнение определённых действий. Очевидно, что разработка сделана с большим прицелом на будущее. Развитие нейроинтерфейсов позволит считывать отношение людей к внешним раздражителям, будь то реклама жевательной резинки или программное выступление политика, а технология CSUBAD будет мгновенно награждать подключённых к системе граждан за правильное поведение и столь же мгновенно штрафовать за неправильное. Вот вам и дополнение к китайской

системе социальных кредитов. Столь полный контроль за мыслями и действиями людей не снился ни одному тоталитарному режиму прошлого. По сути, на наших глазах происходит инсталляция целого пакета технологий, превращающих современных людей в зомбироботов, а города — в подобия ульев. Такой Большой Брат дорогого стоит.

Всё это очень пригодится в утопии Хаксли: "Машины должны работать без перебоев, но они требуют ухода. Их должны обслуживать люди, такие же надёжные, стабильные, как шестерёнки и колёса, люди здоровые духом и телом, послушные, постоянно довольные".

Что же остаётся нам? Давайте верить в прекрасное светлое будущее под руководством нежадных, неглупых и ответственных людей, где передовые технологии дадут нам не только свободу воли, но и свободу дополнительного времени, позволив всегда оставаться самими собой.

Тем более, что Хаксли предупреждал: "Да, можно улыбаться, улыбаться — и быть мерзавцем. Безжалостным, коварным, похотливым".

*По материалам* ***rbc.ru, tsargrad.tv, docs.cntd.ru, shabdua.livejournal.com, ura.news, mobile-review.com, ss69100.livejournal.com, russtrat.ru, takiedela.ru, media.elitsy.ru, topwar.ru***





# Система мобильной связи пятого поколения. Интернет вещей

***В. СЕРОПЕГИН, канд. техн. наук, г. Королёв Московской обл.***

*"Будущее уже среди нас".*
**(Братья Стругацкие)**

Сети связи пятого поколения (5G), включая анализ больших данных (Big Data) и Интернет вещей (IoT — Internet of Things), становятся одной из основ цифровой экономики, главной движущей силой которой должен стать искусственный интеллект (ИИ). Одно поколение жителей планеты сменило уже четыре поколения мобильных телефонов. Если сотовые сети первого поколения 1G давно исчезли, то сети 2G, 3G и 4G [1, 2] до сих пор используются. Действующая инфраструктура сетей 3G и 4G органично войдёт в состав мобильных сетей 5G.

Пока расходы на пропуск возрастающего трафика по сетям связи не покрываются доходами от традиционных услуг, стимулирующим методом развития цифровой экономики станет, по мнению экспертов [3—5], внедрение связи 5G.

Проработка международных стандартов связи принадлежит группе 3GPP (3rd Generation Partnership Project). 3GPP — альянс из семи организаций, разрабатывающих различные стандарты телекоммуникаций [3—5]. Сюда, в свою очередь, входят другие партнёры. Задача 3GPP — формулировка технических требований, оценка предложений и окончательное принятие стандартов. ETSI (European Telecommunication Standard Institute), Европейский институт телекоммуникационных стандартов, который является членом 3GPP, наиболее активно работает в области разработки стандартов 5G.

## Пути эволюции сетей мобильной связи в направлении 5G

### Гетерогенные сети

С окончанием в 2011 г. разработки сетей стандарта 4G внимание разработчиков переключилось на создание комплекса инноваций 5G. В сценарии развития техники, кроме известных, были включены следующие направления, вот их неполный перечень: Интернет вещей, тактильный Интернет, интеллектуальные транспортные сети, электронное здравоохранение, умный дом и город, промышленный Интернет, облачные и туманные вычисления.

Технология пятого поколения содержит революционные изменения в сетях мобильной связи. Тем не менее, этих средств недостаточно для удовлетворения лавинообразного роста сетевого трафика и числа пользователей, требующих новых сервисов. Эти факторы постоянно заставляют операторов увеличивать плотность размещения базовых станций. Здесь выручает уже применяемая гетерогенная сеть с множеством частотных диапазонов, использованием различных технологий радиодоступа и применением базовых станций с различными зонами покрытия, с установленными точками доступа Wi-Fi и других элементов, образующих единую гетерогенную сетевую архитектуру [6].

Гетерогенная сеть (**рис. 1**) может содержать различные виды составляющих:

Макросоты с радиусом действия от 500 до 2000 м, используемые для покрытия больших территорий. Базовые станции устанавливаются вне помещений (Outdoor).

Микросоты с радиусом от 300 до 500 м, используемые в густонаселённых кварталах, аэропортах и др. Базовые станции Outdoor.

Пикосоты с радиусом от 50 до 300 м, используемые внутри/вне зданий (Outdoor/Indoor). Применяются в местах с интенсивным трафиком.

Фемтосоты с радиусом от 20 до 50 м, используемые в конкретных помещениях, квартирах, офисах. Базовые станции (Indoor) — маломощные.

Используются также Wi-Fi-точки доступа для разгрузки сетей сотовой связи, а ячейки D2D (Device-to-Device) разгружают трафик напрямую.

Прагматический интерес для операторов LTE-систем представляет использование спектра частот вокруг 5 ГГц, что увеличивает абонентскую ёмкость [6].

В настоящее время гетерогенная сеть — практически единственное комплексное решение для смягчения напряжённости между растущим трафиком и доступностью беспроводных ресурсов.

Более высокая плотность в фемто- и пикосотах сетевой архитектуры повышает ёмкость сети за счёт повторного использования частот на единицу площади, а также увеличивает среднюю скорость передачи данных за счёт коротких дистанций.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

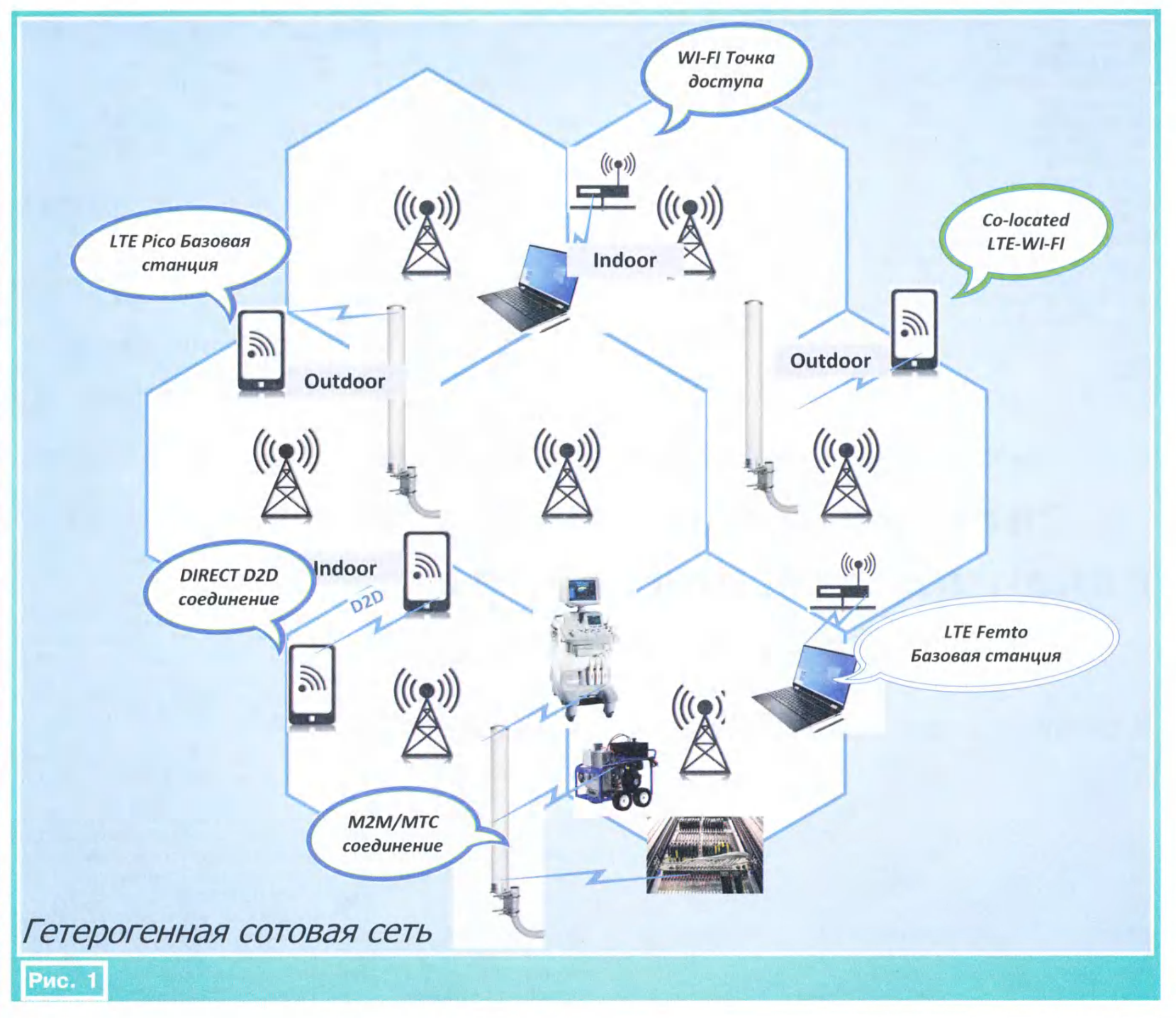



Рис. 1

## Особенности межмашинного взаимодействия (M2M)

Сети M2M классифицируются как сети, связывающие оконечные устройства (машина—машина). Они функционируют в соответствии с одним из следующих принципов:

- без участия человека;
- с ограниченным участием человека;
- с ограниченным вмешательством человека, как конечного пользователя.

Человек не является типичным инициатором входа устройств в сеть M2M. Он может случайно или разово стать потребителем результатов работы сетей M2M.

Основными отличиями сетей M2M от сети мобильной связи являются:

- малый объём передаваемого трафика конкретного оконечного устройства;
- огромное число M2M-устройств в сети, на порядок превышающее число абонентов сетей мобильной связи.

Сферы применения M2M укрупнённо: здравоохранение, транспорт, работа и быт, город, промышленность.

Трафик, генерируемый в сети при оказании услуг M2M, определяется следующими особенностями:

- нерегулярным и кратким характером сеансов обмена данными оконечных устройств;
- низкой активностью оконечных устройств по линии вверх;
- малым объёмом передаваемых данных от одного оконечного устройства;
- низким энергопотреблением оконечных устройств из-за небольшого объёма передачи трафика;
- высокими требованиями к безопасности данных.

Технология M2M может работать как в лицензируемых, так и в нелицензируемых полосах частот.

Технология энергосбережения M2M-устройств позволяет в период отсутствия данных для передачи переводить M2M-устройство в режим сна, при котором энергопотребление сводится к нулю [7].

## Интернет вещей (IoT)

На начальном этапе развития взаимодействовать с сетью могли только люди, поэтому такое взаимодействие названо "Интернет людей". С развитием технологий появился термин "Интернет вещей" [7], когда вещь и объекты (аппараты) могут взаимодействовать в сети Интернет. Ожидающийся рост нового сегмента "клиентской" базы (автоматические датчики, роботы и т. д.) потребовали пересмотра структуры сетей связи.

Интернет вещей (IoT) — это очередной этап развития технологии M2M. Основное отличие M2M от IoT в том, что M2M поддерживает всевозможные взаимосвязи между устройствами, для которых IP-адрес не является необходимым для установления соединения.

Интернет вещей — инфокоммуникационная технология взаимодействия устройств на базе IP (**рис. 2**). При этом в рамках IoT устройства имеют автономное обеспечение, управляются интеллектуальными системами, снабжёнными высокоуровневой операционной системой, автономно подключены к сети Интернет, могут выполнять собственные или облачные приложения и анализировать собираемые данные.

| |
|---|
| eNodeB-улучшенный узел БС |
| 3GRNC-контроллер БС |
| SGW-обслуживающий шлюз |
| PGW-шлюз маршрутизации к внешним сетям ПД |
| PCRF-узел упр качеством и тарификацией |
| MME-служба мультимедийн сообщений |
| HSS-сервер абонентских данных |
| DSLAM-мультиплексор доступа посредством |
| цифровой абонентской линии |
| BNG-сетевой интерфейс |

*Архитектура решения IoT*

**Рис. 2**



| |
|---|
| UE-абонентский_терминал |
| eNodeB-улучшенный_узелБС |
| E-UTRAN-улучшенная_универсальная_сеть_радиодоступа |
| S-WG-обслуживающий_шлюз |
| P-GW-шлюз_маршрутизации_трафика_к_внешним_сетям |
| HSS-сервер_абонентских_данных |
| MME-узел_управления_мобильностью |
| AS-сервер_приложений |
| IMS-подсистема_мультимедийных_услуг_протокола_IP |
| PCRF-узел_управления_качеством_и_тарификацией |
| EPC-улучшенное_пакетное_ядро_сети_LTE |

*Структура частной сети LTE для ПМР*

**Рис. 3**



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Фактически IoT состоит из умных машин, взаимодействующих и общающихся с другими машинами, объектами, окружающей средой и инфраструктурой, — в такой системе ожидается генерация огромных объёмов данных.

Согласно рекомендациям стандартов [7], в качестве требований к IoT рассматривают:

- связность и возможность идентификации конкретной вещи;
- наличие инфраструктуры услуг для вещей (например: "умный" холодильник взаимодействует с магазином, который способен обработать заказ);
- поддержка гетерогенных сетей (см. рис. 1).

С точки зрения развития инфраструктуры операторов связи процесс внедрения IoT имеет этапы:

- построение опорной сети и базовых сервисов;
- полная автоматизация отношений оператор—клиент;
- объединение всех процессов в рамках концепции Big Data.

## Организация профессиональной мобильной радиосвязи (ПМР)

Развитие профессиональной мобильной радиосвязи (ПМР или Professional Mobile Radio, PMR) производилось в первую очередь в связи с удовлетворением потребностей государственных органов общественной безопасности и в чрезвычайных ситуациях [8].

ПМР в перспективе должна обеспечивать новый уровень в сфере безопасности и в корпоративной среде. Эта система должна связать сотрудников широкополосным каналом связи с базами данных компаний, а организации — с системами контроля и видеонаблюдения.

В перспективе, ближе к 2025 г., в системах ПМР будет применена технология LTE/LTE-A.

Вариант внедрения сетей ПМР на базе сетей LTE представлен на **рис. 3**.

## Big Data — новый подход к данным

Беспокоящее операторов мобильной связи [8] падение доходов от традиционных услуг связи может компенсироваться ростом доходов от передачи данных в рамках концепции Big Data [9]. Хотя стоимость хранения данных снижается, но монетизация обработки информации растёт. В этих условиях тренд Big Data становится важной статьёй доходов операторов мобильной связи, обслуживающих центры обработки данных.

Философия Big Data предполагает новый подход к сбору, хранению, управлению и анализу массивов данных, так

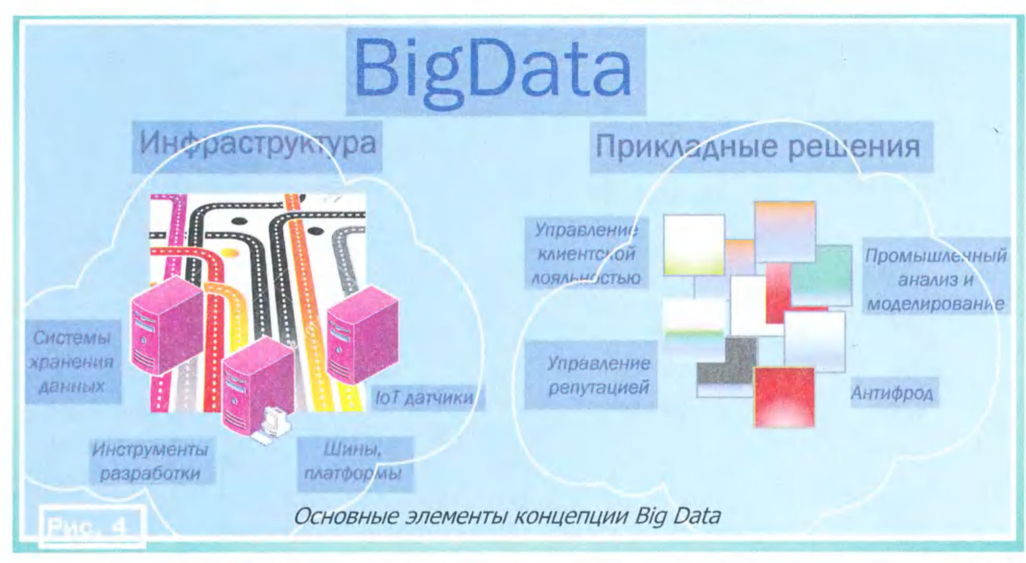



Рис. 4 Основные элементы концепции Big Data




Рис. 5 Совместная работа SDN и NFV



Рис. 6 Принцип функционирования Massive MIMO

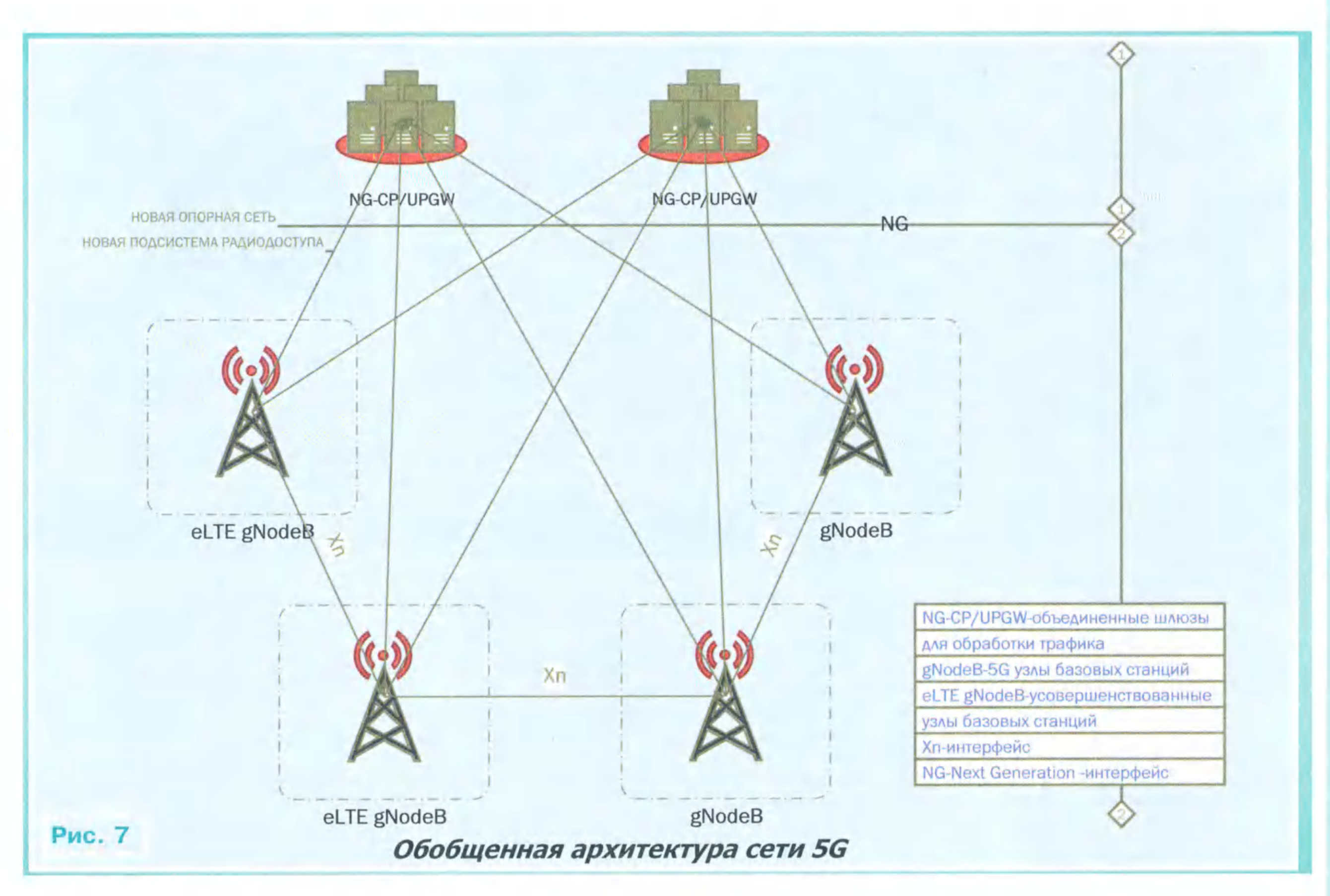



**Рис. 7** ***Обобщенная архитектура сети 5G***

как их ожидаемый объём настолько велик, что превосходит возможности традиционных программных продуктов.

Необходимость внедрения Big Data обусловливается повышением требований к скорости анализа данных и полученному результату.

В настоящее время от data-аналитиков требуется не обработка текущих событий, а прогнозирование и оптимизация будущих событий, часто на уровне предсказаний! Прогнозирование ведётся на основе огромных массивов информации, из которых состоит Big Data.

В работе с большими данными применена технология объектного хранения (Object-base storage technologies, OBS) — новый подход в области хранения данных, ставший неотъемлемой частью Big Data. По сравнению с файловыми и блоковыми системами хранения, OBS имеет почти неограниченную масштабируемость за счёт плоской и децентрализованной структуры. Под объектом OBS понимается порция данных, обладающая определёнными характеристиками, к которой можно обращаться как к единому целому. Оболочка объекта представлена метаданными, содержание которых зависит от конкретного решения.

При этом для Big Data необходимо применение системы параллельных баз данных, позволяющих обеспечить высокую производительность.

В качестве ключевых характеристик для систем и алгоритмов Big Data отмечается "три V":

- Volume — объём — возможность обрабатывать большие объёмы информации;
- Velocity — скорость — скорость прироста данных, а также необходимость высокоскоростной обработки и получения результатов;
- Variety — многообразие — многообразие возможности одновременной обработки различных типов структурированных и частично структурированных данных.

Появление концепции Big Data позволяет оперировать накопленными объёмами данных в режиме, близком к реальному времени, что органично вписалось в идеологию 5G.

Основные концепции Big Data представлены на **рис. 4**.

### Виртуализация сетевой инфраструктуры

Плодотворной идеей построения перспективных инфокоммуникационных сетей и управления ими стала программа конфигурирования сети SDN (Software-Defined Networking), которая позволяет повысить коэффициент использования дорогостоящей пропускной способности сети и приблизить её к 100 %.

Идея SDN решает глобальную проблему эффективной и экономичной интеграции между приложениями с сетевой инфраструктурой при учёте лавинообразного роста трафика.

Реализация SDN существенно упрощает конфигурирование сети и её администрирование, позволяет программировать сеть как единое целое, а не как отдельные коммутаторы с функциями индивидуальных контроллеров.

Привлекательность концепции виртуализации (NFV, Network Functions Virtualization) возрастает с учётом увеличения капитальных и операционных затрат при снижающейся выручке на одного абонента. В этих условиях NFV позволяет оператору избавляться от специализированного и дорогостоящего в обслуживании оборудования, заменяя его виртуальными устройствами, т. е. полностью программными решениями на универсальных серверах (**рис. 5**).

### Режим D2D

Одной из основных особенностей сетей 5G является режим взаимодействия устройства с устройством (Device to Device, D2D), который позволяет задействовать абонентские терминалы (UE) в качестве узлов сети. Режим D2D, в частности, позволит экономить общие разделяемые ресурсы, например, если абоненты общаются, находясь в разных комнатах в 10 м друг от друга. В этом случае абонентский трафик можно передавать напрямую UE—UE. При этом через сеть будет проходить только служебный трафик, а это, в свою очередь, приведёт к более экономному использованию общего ресурса сети. Другими вариантами применения технологии D2D могут быть случаи, когда абонент удаляется от базовой станции и не может быть ею обслужен. В этом случае сигнал может быть ретранслирован на базовую станцию через другой

абонентский терминал, который находится в более выигрышных радиоусловиях.

### Использование Massive MIMO в сетях 5G

Массивная MIMO-система (Massive MIMO) [10] — это концепция, описывающая технологии мобильной связи 5G и предоставляющая метод многопотоковой передачи данных, позволяющий адаптивно подстраиваться под определённых абонентов, направляя узконаправленные радиолучи в горизонтальной и вертикальной плоскостях (**рис. 6**). К классу Massive MIMO относится система с числом управляемых антенн более восьми. При этом каждая управляемая антенна может представлять собой группу излучающих элементов. Использование Massive MIMO в сети 5G позволяет увеличить пропускную способность системы связи, эффективно использовать мощность базовой станции, увеличить абонентскую ёмкость соты, а также расширить зону покрытия базовой станции.

### Ключевые технологические решения

**А) Обобщённая архитектура сетей 5G**

Новая подсистема радиодоступа включает в себя 5G-узлы базовых станций (gNodeB) и LTE-узлы базовых станций, усовершенствованные согласно новым версиям спецификаций (eLTE eNodeB) [8]. На схеме **рис. 7** gNodeB взаимодействуют не с EPS/SAE, а с опорной сетью (ядром) следующего поколения (Next Generation Core, NGC). Все узлы подсистемы радиодоступа имеют логические соединения между собой через интерфейсы Xn, а также подключение к NGC посредством интерфейса NG. В состав NGC входят объединённые шлюзы для обработки трафика управления и абонентского трафика (Next Generation Control Plane/User Plane GateWay, NG-CP/UPGW) [11].

**Б) Архитектура подсистемы радиодоступа**

Одним из основных трендов совершенствования действующих систем связи является переход к облачным технологиям.

Для реализации этого подхода необходимо изменение архитектуры радиодоступа [11]. Использование IT-инфраструктуры в телеком-сетях позволяет осуществить планомерный переход к централизации аппаратных средств и сетевых функций в ЦОДах, в которых будут размещаться также средства цифровой обработки сигналов (baseband processing) базовых станций, а на местах расположения базовых станций (радиосайтах) оставят только приёмопередающие радиомодули (**рис. 8**). Для соединения радиомодулей и ЦОДов требуются транспортные линии связи с высокой пропускной способностью (единицы и десятки Гбит/с).

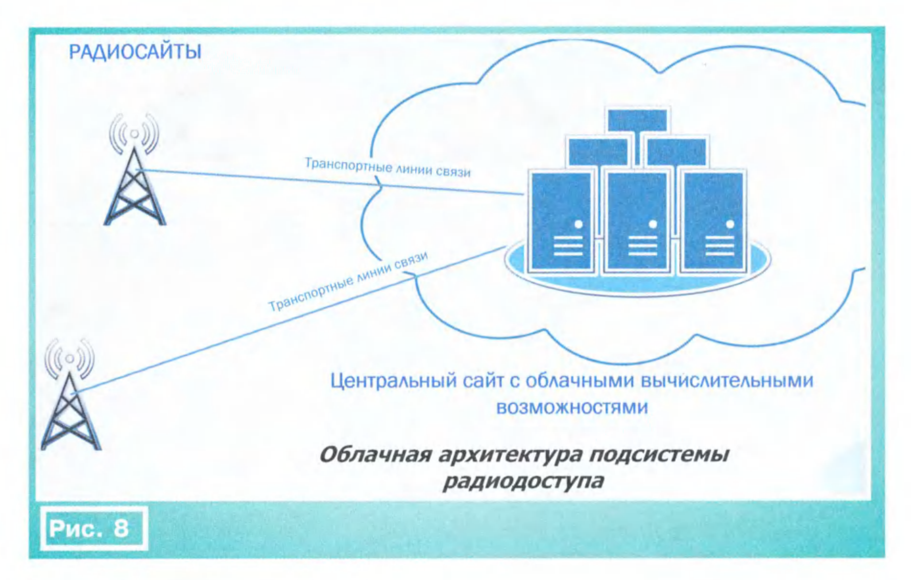



Рис. 8

Реализация концепции NETWORK SLICING

Рис. 9

**В) Концепция реализации опорной сети в 5G**

Опорная сеть (ядро или Core Network) 5G разрабатывается в качестве основной для работы множества новых бизнес-приложений, при этом она по-прежнему должна обеспечивать функционирование уже действующих услуг, связанных с мобильным Интернетом, с технологиями доступа и передачей трафика. Ядро сети будет иметь модульную пластичную архитектуру и поддерживать виртуализацию сетевых функций, принципы и протоколы программного конфигурирования [11].

Гибкость сети обеспечивается посредством "расслоения" (слайсинга) сети, разбивающего физическую сеть на несколько слоёв, каждый из которых адаптирован под определённую услугу (**рис. 9**).

| Параметры | IMT Advanced | IMT2020 |
|---|---|---|
| Скорость на пользователя (Мбит/с) | 10 | 100 |
| Эффективность использования спектра | ×1 | ×3 |
| Мобильность пользователя (км/ч) | 350 | 500 |
| Задержка (мс) | 10 | 1 |
| Плотность терминалов (устройств на км$^2$) | 5 | 6 |
| Эффективность использования энергии в сети | ×1 | ×100 |
| Ёмкость трафика на ед. площади (Мбит/с/м$^2$) | 0,1 | 10 |
| Пиковая скорость (Гбит/с) | 1 | 20 |

## Выводы

Бурное развитие мобильной связи вызвало столь же бурное развитие многих отраслей науки и техники и тем самым ускорило темп нашей жизни и труда.

Уже в течение ряда лет разработчики телеком-оборудования и операторы связи во многих передовых странах активно обновляют архитектуру сетей и регламенты взаимодействия до стандарта 5G (IMT2020). В **таблице** приведены сравнительные параметры систем связи.

Наша страна активно участвует в разработке и внедрении новой системы связи. Стратегическим направлениям внедрения промышленного интернета вещей посвящена одна из семи дорожных карт развития цифровых технологий в России до 2024 г., разработанных корпорацией "Ростех" [12].

Технология 5G находится на стадии внедрения на отдельных объектах и территориях. Она будет развиваться в комплексе с теорией и практикой коллективной коммуникации, будет опираться на развивающиеся рынки и индустрии.

ЛИТЕРАТУРА


1. **Серопегин В.** Мобильная связь стандарта GSM. — Радио, 2022, № 8, с. 7—11.

2. **Серопегин В.** Развитие сети GSM. — Радио, 2022, № 9, с. 7—13.

3. 3GPP TR 38.913. Study on scenarios and requirements for next generation access technologies. — URL: **https://www.atis.org/wp-content/uploads/3gpp-documents/Rel16/ATIS.3GPP.38.913.V1600.pdf** (23.08.22).

4. 3GPP TR 38.801. Study on new radio access technology: Radio access architecture and interfaces. — URL: **https://panel.castle.cloud/view_spec/38801-e00.pdf** (23.08.22).

5. **Тихвинский В. А., Терентьев С. В., Коваль В. А.** Сети мобильной связи 5G: технология, архитектура и услуги. — М.: Медиа-Паблишер, 2019.

6. **Гольдштейн Б.** Инфокоммуникационные сети и системы. — СПб.: БХВ-Петербург, 2019, 208 с.

7. **Перри Ли**. Архитектура интернета вещей. — М.: ДМК, 2020.

8. **Степутин А. Н., Николаев А. Д.** Мобильная связь на пути к 6G. Том 2. — М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2021, 416 с.

9. **Натан Марц, Джеймс Уоррен**. Большие данные. — М., СПб., Киев: Вильямс, 2016.

10. **Бакулин М. Г., Варукина Л. А., Крейнделин В. Б.** Технология MIMO. Принципы и алгоритмы. — М.: Горячая линия — Телеком, 2022, 244 с.

11. **Варукина Л. А.** 5G: В новый 2017 год — с новым стандартом 5G. Обзор технологии и статус стандартизации. — URL: **www.mforum.ru/news/article/117626.htm** (23.08.22).

12. Tadviser — портал выбора технологий и поставщиков. — URL: **https://www.tadviser.ru/index.php** (23.08.22).


К 65-летию запуска первого искусственного спутника Земли

# Университетские разработки малых космических аппаратов и космические эксперименты, реализуемые на их основе


*С. ЕМЕЛЬЯНОВ, д-р техн. наук, г. Курск, С. САМБУРОВ, г. Королёв Московской обл., О. АРТЕМЬЕВ, канд. экон. наук, Звёздный городок Московской обл., Е. ШИЛЕНКОВ, канд. техн. наук, С. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, Е. ТИТЕНКО, канд. техн. наук, Д. ДОБРОСЕРДОВ, Д. ЗАРУБИН, А. ЩИТОВ, Д. КОПТЕВ, г. Курск*


Современные малые космические аппараты (МКА) формата CubeSat 3U знаменуют новое перспективное направление развития средств космической техники [1]. Они являются автономными исследовательскими роботизированными лабораториями, функционирование которых основано на различных физических, механических, энергетических, электронно-вычислительных, приёмопередающих принципах работы элементов и подсистем [2, 3]. Особенность эксплуатации МКА в околоземном пространстве и ограниченность дистанционного управления




Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

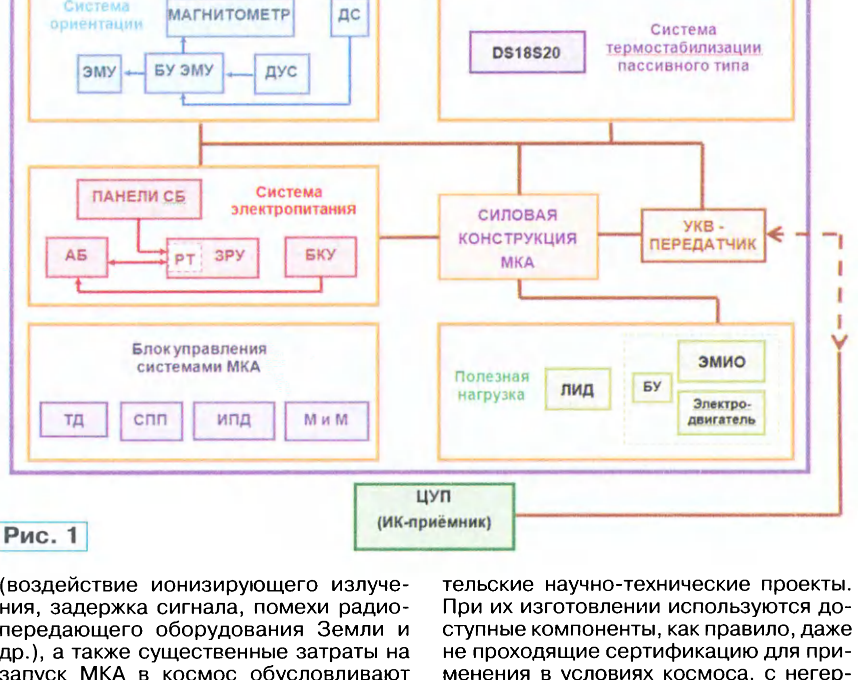



Рис. 1

(воздействие ионизирующего излучения, задержка сигнала, помехи радиопередающего оборудования Земли и др.), а также существенные затраты на запуск МКА в космос обусловливают необходимость постоянного совершенствования конструкции платформы, материалов, электронной компонентной базы и технологии изготовления модулей и подсистем МКА.

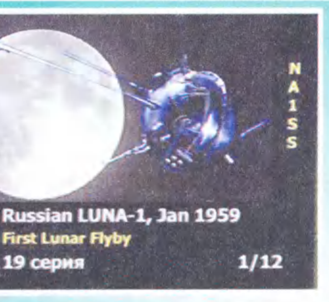






Рис. 9

Как известно, выделяются два основных направления, по которым развиваются МКА [4]. Первое направление считается "университетским". Оно базируется на идее "лучше, быстрее, дешевле", провозглашённой в американской программе NASA X2000. Космические аппараты, разработанные по такой идеологии, представляют любительские научно-технические проекты. При их изготовлении используются доступные компоненты, как правило, даже не проходящие сертификацию для применения в условиях космоса, с негерметичным исполнением корпуса спутника. Основная экономия имеет три составные части: недорогие комплектующие, дешёвые студенческие рабочие руки и зачастую поддерживаемый государством вывод на орбиту. Такие МКА, конечно, не предназначены для решения сложные научных или прикладных задач. Полезная нагрузка имеет своей целью проверку её работоспособности в условиях космоса перед использованием в дорогостоящих проектах. Главным результатом такого подхода является обучение специалистов через непосредственное участие в практической работе, содержащей все основные этапы реальных проектов. Второе направление, так называемое "промышленное", инициируется космическими фирмами и агентствами с целью создания серьёзных проектов, имеющих прикладное целевое назначение [4].

Различные университетские разработки МКА ("Аист", "Бауманец", "Часки", "Танюша", "Ярило" и др.) направлены на приобщение школьников и студентов к космическим исследованиям и популяризацию космических исследований [4, 5]. В них, как правило, полезная нагрузка представляется единственным функциональным блоком — любительским приёмопередатчиком для передачи или приёма информационных сообщений с наземных радиостанций. Проведение телеметрических измерений МКА, измерений характеристик вакуума, а также передача полученных данных по командам с Земли представляет ещё одно направление разработки модулей полезной нагрузки с привлечением к работам школьников и студентов. Подобные проекты служат источником совершенствования конструкции МКА в части геометрической, энергетической оптимизации бортовых систем, что позволяет в дальнейшем создавать МКА с расширенными структурно-функциональными возможностями [5].

Проектно-конструкторской деятельностью в части создания МКА формата CubeSat 3U с начала XXI века занимаются Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Томский национальный исследовательский государственный университет, Юго-Западный государственный университет, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Дальневосточный федеральный университет, ООО "Спутникс" (г. Москва), Лаборатория "Астрономикон" (г. Москва), Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королёва, ООО "Синергия" (г. Санкт-Петербург) и др. [2]. В результате многочисленных проектов сложилась типовая структура аппаратов формата CubeSat 3U, содержащая подсистемы энергообеспечения, стабилизации и ориентации, управления, связи и модули полезной нагрузки (**рис. 1**).

Дальнейшее развитие МКА связывается с вопросами расширения возможностей подсистем (увеличение ёмкости и числа циклов зарядки аккумуляторных батарей, повышение прецизионности системы стабилизации, введение адаптивного режима расхода электроэнергии, внедрение помехозащищённых устройств на передачу данных, обеспечение манёвренности и др.), построения модульной конструкции аппаратов и оптимизации размещения подсистем, увеличение функциональных возможностей модулей полезной нагрузки. В этом вопросе ведущие университеты-разработчики в основном работают самостоятельно, предлагая зачастую оригинальные технические решения, достойные интереса разработчиков космических аппаратов более тяжёлых классов.

Юго-Западный государственный университет (далее — ЮЗГУ) с 2011 г.













**Рис. 10**

ведёт исследования и разработки МКА, создав собственную технологию проектирования, конструирования и изготовления таких аппаратов. За этот период было создано и запущено свыше 20 аппаратов с различной полезной нагрузкой в интересах отечественных и зарубежных заказчиков. В июле 2022 г. была выведена на орбиту группировка МКА, состоящая из восьми аппаратов, полностью изготовленных в ЮЗГУ, и двух аппаратов, изготовленных в кооперации с Рязанским государственным радиотехническим университетом им. В. Ф. Уткина ***(рис. 2 на 2-й с. обложки)*** [3]. В циклограмму работы МКА заложена передача голосовых сообщений, позывного и изображений SSTV, а также телеметрии.

В 2022—2023 гг. планируются к запуску ещё два аппарата ЮЗГУ для проведения научно-исследовательских экспериментов.

Среди реализованных функциональных возможностей МКА, созданных Юго-Западным государственным университетом, в ряде проектов можно выделить [2]:

— передача приветственных сообщений на 15 языках, телеметрия, фотографирование Земли;

— мониторинг земной поверхности в оптическом и ИК-диапазонах,

— научно-образовательные эксперименты в интересах России и Перу по исследованию характеристик вакуума;

— передача в наземный центр сообщений о состоянии систем МКА и результатов измерений физического состояния околоземной среды;

— космический эксперимент по материаловедению, тестированию средств связи.

Выполнение проектов осуществлено в рамках научно-образовательного космического эксперимента "Радиоскаф", начатого в 2006 г. и продолжающегося в 2022—2023 гг. совместно с Ракетно-космической корпорацией "Энергия" им. С. П. Королева [6]. Этот научно-образовательный космический эксперимент является основой для отработки технологий изготовления и эксплуатации образцов космической техники в интересах проверки работоспособности приёмопередающей, измерительной и иной аппаратуры, а также вовлечения талантливой молодёжи в проектно-исследовательскую деятельность [2].

В рамках популяризации средств космической техники, образовательных программ космической направленности ЮЗГУ регулярно проводит сеансы космической связи школьников и студентов с космонавтами, находящимися на борту Международной космической станции (МКС). Такой сеанс состоялся в мае 2022 г., в котором приняли участие свыше 30 курских школьников и студентов. Дети задавали свои вопросы лётчику-космонавту, герою России, почётному профессору ЮЗГУ Олегу Германовичу Артемьеву в рамках экспедиции МКС-67 и получили ответы с борта МКС ***(рис. 3 на 2-й с. обложки)***.

Дальнейшие работы по совершенствованию конструкции МКА направлены на исследования, позволяющие:

— увеличить ёмкость и сократить время зарядки аккумуляторных батарей;

— повысить длительность приёмопередачи за счёт внедрения системы активной ориентации, создаваемой на основе четырёхосевого гиродина и векторного процессора;





**Рис. 11**



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



Рис. 12

— изменять режим работы аппарата в зависимости от объёма накопленной энергии (адаптивная модель управления по остатку энергообеспечения МКА);

— передавать телеметрию и голосовые сообщения в параллельном режиме за счёт модификации блока частотной модуляции;

— изменять полётное задание в реальном режиме времени за счёт расширения системы команд бортового вычислительного модуля;

— обеспечить работоспособность технических решений по прецизионной стабилизации МКА;

— повысить эффективность решения прикладных задач созданием группировки взаимодействующих МКА (mesh-сети) и др.

Также успешно продолжается радиолюбительская деятельность на МКС по космическому эксперименту "О Гагарине из Космоса". Лётчик-космонавт О. Г. Артемьев во время экспедиции МКС-67 провёл замену радиостанции KENWOOD D710 на более совершенную этого же типа, при этом качество связи заметно улучшилось.

В 2022 г. с борта МКС были успешно проведены сеансы космической связи со следующими населёнными пунктами: г. Курск (ЮЗГУ), г. Липецк, детский центр Нижегородской области, г. Благовещенск (АмГу), г. Владивосток (на паруснике "Надежда"), г. Москва (МГТУ им. Н. Э. Баумана и Институт космических исследований РАН), г. Казань, г. Уфа (Уфимский государственный авиационный технический университет и школа одарённых детей), г. Азнакаево (Татарстан), г. Саранск (Мордовия) и др.

11 августа 2022 г. члены экспедиции МКС-67 О. Артемьев, С. Корсаков, Д. Матвеев провели сеанс связи в честь 60-летия полёта А. Г. Николаева с его родиной с. Шоршелы Чувашской республики, а затем радиостанция была переведена в автоматический пакетный режим APRS. Теперь радиолюбители между проведением голосовых сеансов связи и передачей SSTV-изображений могут посылать и принимать сообщения из почтового ящика радиостанции МКС.

С целью дальнейшей популяризации и развития интереса к космическому эксперименту "Радиоскаф" ЮЗГУ запустил новый проект — "дипломную поисково-отчётную программу" для радиолюбителей по всему миру. Суть её заключается в том, что радиолюбители проводят сеансы связи со спутниками ЮЗГУ, а полученные декодированные данные присылают в университет в виде оформленного отчёта. В случае успешного приёма одного голосового сообщения, одного изображения и телеметрии от одного спутника радиолюбитель получает QSL-карточку участника. На ***рис. 4 на 2-й с. обложки*** приведены русскоязычная и англоязычная версии этой карточки.

Если радиолюбитель принимает по десять сообщений каждого типа, тогда кроме QSL-карточки, он получает ещё диплом (**рис. 5 на 1-й с.**), показывающий наличие начальных профессиональных навыков и умений работы с радиостанцией.

В течение месяца свои QSL-карточки и дипломы по запущенной "дипломной поисково-отчётной программе" получили радиолюбители из России, Беларуси, США, Бразилии, Польши, Германии, Греции, Франции, Люксембурга, Аргентины, Китая, Судана, Испании, Японии. Высокий интерес к запущенному проекту свидетельствует об успешности проведения космического эксперимента "Радиоскаф" и повышенном внимании к космическим исследованиям и университетским МКА формата CubeSat 3U у мирового сообщества.

Валерий Сушков — радиолюбитель и путешественник (позывной RM0L) — руководитель проекта "Россия космическая" выпустил сувенирные QSL-карточки (**рис. 6 на 1-й с.**) и памятный конверт (**рис. 7 на 1-й с.**), где отражена вся история радиолюбительства на МКС по настоящее время.

Сейчас продолжается выпуск радиолюбительских дипломов за проведение сеансов связи с экипажами МКС (**рис. 8 на 1-й с.**).

Продолжается эксперимент по передаче SSTV-изображений с борта МКС. На **рис. 9** приведены изображения SSTV серии 19, которые передавались 27 декабря 2021 г., и серии 20, передаваемые 12 апреля 2022 г. (**рис. 10**).

В честь великого российского учёного, основоположника ракетно-космической техники Константина Эдуардовича

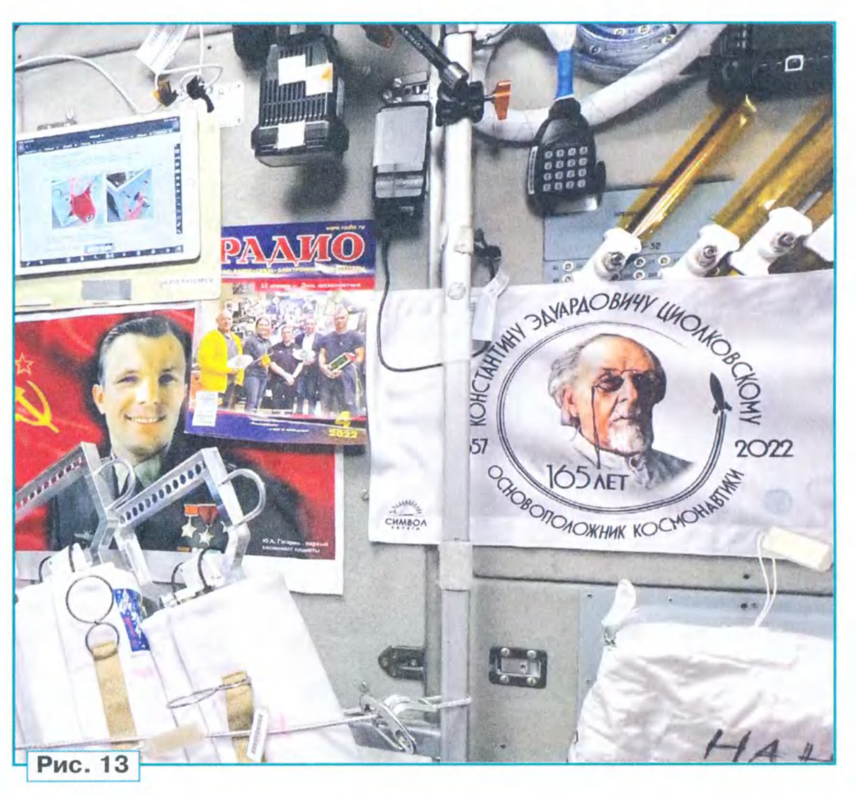



Рис. 13

Циолковского 1 сентября 2022 г. на парадной площади ЮЗГУ открыт памятник (**рис. 11**), который станет культурно-историческим местом г. Курска. А НИИ космического приборостроения и радиоэлектронных систем ЮЗГУ получил имя К. Э. Циолковского.

В Ракетно-космической корпорации "Энергия" продолжается подготовка экипажей МКС по системе радиолюбительской связи и радиолюбительским космическим экспериментам, которые планируются к выполнению полёта на МКС в 2023 г. На **рис. 12** главный специалист Ракетно-космической корпорации "Энергия" Сергей Николаевич Самбуров (слева) проводит занятия по радиолюбительской связи с космонавтами Николаем Чубом (справа на переднем плане) и Андреем Федяевым.

На борту МКС находится апрельский номер журнала "Радио" за этот год (**рис. 13**), который с интересом читает экипаж.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Артемьев О., Самбуров С., Шиленков Е., Фролов С., Щитов А.** Результаты автономного космического полёта интеллектуальной группировки МКА в рамках космического эксперимента "РадиоСкаф". — Радио, 2020, № 4, с. 18—23.

2. **Артемьев О., Самбуров С., Емельянов С., Ларина О., Шиленков Е., Титенко Е., Фролов С., Добросердов Д., Зарубин Д., Щитов А.** Радиолюбительские проекты на МКС. — Радио, 2021, № 4, с. 7—12.

3. **Емельянов С., Шиленков Е., Титенко Е., Щитов А., Добросердов Д., Зарубин Д., Титенко М., Разиньков К.** Космический эксперимент "Радиоскаф" на МКС: достижения и перспективы разработки студенческих МКА. — Радио, 2022, № 4, с. 7—11.

4. **Абламейко С. В., Саечников В. А., Спиридонов А. А.** Малые космические аппараты: пособие для студентов факультетов радиофизики и компьютерных технологий, механико-математического и географического. — Минск: БГУ, 2012, 159 с.

5. **Салиев Е. Р., Тютюнник Н. Н., Щеглов Г. А.** О проектировании малого космического аппарата на основе открытой модульной архитектуры. — Космонавтика и ракетостроение, 2019, № 1, с. 131—142.

6. **Самбуров С. Н., Артемьев О. Г., Шиленков Е. А., Фролов С. Н., Титенко Е. А., Щитов А. Н.** Результаты проведения 5 этапа космического эксперимента "Радиоскаф"/Научное значение трудов К. Э. Циолковского: история и современность. Материалы 55-х научных чтений памяти К. Э. Циолковского. — Калуга, 2020, ч. 2, с. 192—196. — URL: **https://readings.gmik.ru/abstracts_2020_part_2.pdf** (05.09.22).

# НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

***Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк***

## РОССИЯ

**БАШКОРТОСТАН**. В Белорецке началось вещание Comedy Radio на частоте 92,7 МГц. В Янауле на частоте 90,8 МГц зазвучала радиостанция DFM.

**БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ.** Радиостанция RFM начала своё вещание в г. Короча. Станцию можно услышать на частоте 105,6 МГц. Это уже четвёртый город вещания радиоканала. Радиоканал RFM — музыкальная радиостанция с динамичной структурой. Радиоканал рассчитан на молодых людей в возрасте 18—39 лет. Формат Radio Free Music — в буквальном смысле означает "без ограничений". В эфир может попасть любая популярная в данный момент композиция. Популярность оценивается аналитическим способом по данным нескольких стрим-сервисов определённой категории.

**КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.** В июле 2022 г. к сети вещания радио DFM присоединился г. Калининград. Радио DFM можно услышать на частоте 92,8 МГц. Передатчик мощностью 0,11 кВт охватывает сигналом 600 тыс. человек — более половины жителей области (источник — URL: **https://rmg.ru/news/kaliningrad-novyj-gorod-veshaniya-radio-dfm** (19.08.22)).

**КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ**. В августе 2022 г. в Абинске появились сразу две новые радиостанции. На частоте 93 МГц (стерео) запустили радио "Маруся FM", а на 98 МГц — "Радио Дача".

В г. Сочи на текущий момент УКВ-эфир представлен следующими радиостанциями:

— 87,5 МГц — "Вести FM";
— 88,3 МГц — "Радио России";
— 89,2 МГц — "Маяк";
— 100,6 МГц — "Казак FM";
— 101,1 МГц — "Авторадио";
— 101,9 МГц — "Серебряный дождь";
— 102,5 МГц — "Радио Шансон";
— 103,1 МГц — "Русское радио";
— 103,7 МГц — "Радио Дача";
— 104,4 МГц — "Европа Плюс";
— 104,8 МГц — "Новое радио";
— 105,2 МГц — "Наше радио";
— 105,7 МГц — "Первое радио";
— 106,1 МГц — NRJ;
— 106,9 МГц — "Дорожное радио";
— 107,4 МГц — "Макс FM";
— 107,9 МГц — "Ретро FM".

**КРЫМ**. 5 августа 2022 г. началось вещание Love Radio на одном из самых популярных курортов южного берега Крыма — в г. Ялте. Частота вещания — 96,8 МГц, потенциальная аудитория — 92,6 тыс. человек (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/9566.htm** (19.08.22)).

**ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ.** С 1 августа 2022 г. в Липецке на частоте 103,7 МГц вместо Радио "Комсомольская Правда" зазвучало Comedy Radio.

**МОСКОВСКАЯ ОБЛ.** В лицензию на деятельность по телерадиовещанию Л033-00114-77/00058283 (вещание принадлежащего ВГТРК радиоканала "Радио России") были добавлены ещё три частоты в городах Московской области. В Воскресенске к уже имеющейся частоте 102,8 МГц была добавлена частота 103,3 МГц (пункт установки передатчика — деревня Кузьминки в Егорьевском районе). Новая частота 97,8 МГц в Серпухове для "Радио России" будет третьей, поскольку его и по сей день можно услышать на частоте 103,5 МГц (трансляция из рабочего посёлка Заокский в Тульской области) и на частоте 104 МГц. На последней частоте вещание главного радио страны осуществляется с программами подмосковной радиостанции "Радио 1". В Ступино к уже имеющейся частоте 100,3 МГц, на которой продолжается вещание "Радио России" с программными врезками подмосковного "Радио 1", была добавлена частота 90,1 МГц (пункт установки передающего оборудования — деревня Алфимово Ступинского района). Мощность каждого из трёх новых передатчиков — 100 Вт, заявленное в лицензии время вещания во всех случаях — с 02:00 до 22:00 ежедневно.

На частотах, на которых ранее планировалось к запуску вещание радиостанции "Хорошее радио" в Волоколамске и Шаховской Московской области, будет вещать "Радио Ваня". Кроме того, ожидается и возвращение "Радио Ваня" в УКВ-диапазон Можайска (ранее вещание было на частоте 87,7 МГц, сейчас на этой частоте можно услышать "Ретро FM"). Новые частоты вещания и мощности передатчиков (по лицензии Л033-00114-77/00060914): Волоколамск — 88,5 МГц (мощность передатчика — 100 Вт), Можайск — 91,8 МГц (мощность передатчика — 100 Вт), Шаховская (пункт установки передатчика — Княжьи Горы), частота вещания — 105,2 МГц (мощность передатчика — 100 Вт) (источник — URL: **https://rkn.gov.ru/mass-communications/reestr/teleradio/?id=%CB033-00114-77%2F00060914** (19.08.22)).

**НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ.** Роскомнадзор переоформил лицензию на радиовещание для компании "Выкса-Медиа". С 1 августа 2022 г. на частоте 102,1 МГц вместо "Серебряного дождя" зазвучал "Пионер FM", сообщает информационное агентство "Выкса.РФ". По словам гендиректора "Выксы-Медиа" Дмитрия Смирнова, решение о сотрудничестве с новой радиостанцией связано с перспективами развития компании. Работа СМИ предполагает поиск интересных форматов и постоянное обновление проектов, чтобы расширять аудиторию слушателей. История выксунского радио богата и началась ещё в 1928 г. Более 90 лет коллектив находится в творческом движении. Радиостанция "Пионер FM" является востребованной как у людей зрелого

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 10, 2022

возраста, так и у молодёжи. Уверен, что впереди нас ждут интересные совместные проекты с новым сетевым партнёром", — прокомментировал Смирнов.

**НОВГОРОДСКАЯ ОБЛ.** 29 июля 2022 г. в 08:00 филиал РТРС "Новгородский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио 53" в Боровичах на частоте 102,5 МГц. Передатчик мощностью 0,1 кВт охватывает сигналом радиостанции 67 тыс. жителей Боровичей и окрестностей. Благодаря передатчикам в Боровичах и Великом Новгороде передачи "Радио 53" доступны для 300 тыс. жителей региона. Высота подвеса передающей антенны — 190 м. Средний радиус уверенного приёма программы — 28 км.

Запуск радиостанции "Радио 53" в Боровичах — часть совместной масштабной программы "Агентства информационных технологий" и РТРС по расширению радиосети (источник — URL: **https://novgorod.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-radio-53-v-gorode-borovichi/** (19.08.22)).

**НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ.** С 1 августа 2022 г. филиал РТРС "Сибирский РЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" со вставками региональных программ ГТРК "Новосибирск" в Плотниково и Сосновке. Радиовещание организовано с использованием современных передатчиков УКВ-диапазона "Микротек-TF100" мощностью 0,1 кВт. Трансляция "Радио России" ведётся на частоте 87,5 МГц в Плотниково и на частоте 90 МГц в Сосновке. Программы "Радио России" стали доступны ещё для 40 тыс. жителей Новосибирской области.

**ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛ.** В Кузнецке на частоте 97,3 МГц начала вещание радиостанция "Тренд FM".

**САМАРСКАЯ ОБЛ.** 1 августа 2022 г. филиал РТРС "Самарский ОРТПЦ" ввёл в эксплуатацию девять новых радиопередатчиков УКВ-диапазона радио "Губерния" по проекту "Создание наземной аналоговой эфирной радиотрансляционной сети". Они добавились к десяти существующим передающим станциям региона, которые транслируют программы "Самарского губернского радио" ("Губерния"). Сотрудники филиала установили передатчики на передающих станциях Самарского радиотелецентра РТРС совместно со специалистами "Регионального центра телекоммуникаций". Сигнал радио "Губерния" стал доступен 110 тыс. жителей сёл Алексеевка, Елховка, Камышла, Челно-Вершины, Андросовка, Большая Черниговка, Борское, Клявлино и Новокуровка. До этого его принимали 3 млн жителей Самарской области (источник — URL: **https://samara.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-guberniya-v-devyati-novykh-naselennykh-punktakh/** (19.08.22)).

В Самаре начало вещание радио "Новая волна". Это городская радиостанция — самые яркие музыкальные хиты, утреннее шоу "Будим в Будни", новости города и региона, эфиры с артистами и представителями города, эфирные розыгрыши и городские мероприятия. Станция вещает на частоте 97,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/novayavolna_smr** (19.08.22)).

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ и ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.** 1 августа 2022 г. филиал РТРС "Санкт-Петербургский РЦ" приостановил эфирную трансляцию радиостанции "Град Петров" в Санкт-Петербурге на частоте 73,1 МГц. Решение об отключении передатчика в период с 1 по 31 августа 2022 г. принял вещатель (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/analog/-grad-petrov-vremenno-prekrashchaet-translyatsiyu-v-sankt-peterburge/** (19.08.22)).

11 июля 2022 г. филиал РТРС Санкт-Петербургский РЦ временно приостановил трансляцию "Радио Мария" в Санкт-Петербурге на частоте 1053 кГц и в Выборге на частоте 92,6 МГц. Решение о выключении передатчика до 10 сентября принял вещатель (источник — URL: **https://radiomaria.ru/** (19.08.22)).

**СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ.** 3 августа 2022 г. филиал РТРС "Свердловский ОРТПЦ" начал трансляцию радио "Воскресение" в Новоуральске. Программы радиостанции доступны на частоте 93,2 МГц. Радио "Воскресение" транслируется ежедневно и круглосуточно. Передатчик мощностью 0,1 кВт обеспечивает сигналом 166 тысяч жителей Новоуральска и близлежащих окрестностей (источник — URL: **https://ekburg.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-zapustil-veshchanie-radio-voskresenie-v-novouralske/** (19.08.22)).

**СМОЛЕНСКАЯ ОБЛ.** 4 августа 2022 г. в деревне Смогири включили "Радио России" на частоте 95,2 МГц.

**УДМУРТИЯ**. С 1 августа радиостанция ENERGY в Ижевске передана в управление крупнейшему региональному радиохолдингу в России. Теперь все станции "Газпром-Медиа Радио", представленные в столице Удмуртии, — "Авторадио", "Юмор FM", "Детское радио", Comedy Radio и ENERGY, объединены в одну компанию. Такая консолидация позволит применять единые стандарты управления и продвижения, что, в свою очередь, поможет достичь максимального охвата аудитории и увеличить эффективность радиорекламы (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83811/** (19.08.22)).

**ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ**. Хабаровск — один из крупнейших образовательных и культурных центров Дальнего Востока России. В УКВ-диапазоне этого города можно услышать следующие радиостанции:

— 87,9 МГц — "Ретро FM";
— 88,3 МГц — "Комсомольская правда";
— 88,7 МГц — "Авторадио";
— 89,6 МГц — "Русское радио";
— 90,6 МГц — "Радио Маяк";
— 91 МГц — NRJ;
— 91,4 МГц — "Радио России";
— 101,4 МГц — "Радио Монте-Карло";
— 101,8 МГц — "Радио 101,8 FM";
— 102,3 МГц — "Радио Мир";
— 102,7 МГц — Mix FM;
— 103,3 МГц — Comedy Radio;
— 103,7 МГц — "Радио Восток России";
— 104,3 МГц — "Дорожное радио";
— 104,8 МГц — "Вести FM";
— 105,6 МГц — "Европа Плюс";
— 106,2 МГц — "Радио Дача";
— 106,8 МГц — "Новое радио";
— 107,5 МГц — Studio 21;
— 107,9 МГц — "Радио Вера"

(источник — URL: **https://vk.com/radioschoolru?w=wall-52064362_92982** (19.08.22)).

**ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ.** В Магнитогорске на частоте 107 МГц началось вещание "Радио Шансон".

## ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

**ИСПАНИЯ**. Многие испанские вещатели в последние годы отказались от вещания на средних волнах, дублирующего вещание в диапазоне УКВ, по причине того, что оно становится всё более дорогим. Несколько лет назад это были местные станции мощностью от 1 до 5 кВт. В этом году цены на энергоносители резко выросли, и сейчас сокращения проводят крупные вещатели, которые до сих пор не шли на этот шаг благодаря охвату аудитории в регионах. В июне ушли из эфира четыре региональных передатчика сетевого вещателя COPE: в Барселоне (783 кГц), Севилье (837 кГц), Вальядолиде (882 кГц) и Памплоне (1134 кГц). Radio Nacional de Espaca вместо отключения передатчиков решило снизить мощность шести передающих центров с 300 до 100...150 кВт днём и 75 кВт ночью. Это Мадрид (585 кГц), Санта-Крус-де-Тенерифе на Канарских островах (621 кГц), Ла-Корунья (639 кГц), Севилья (684 кГц), Барселона (738 кГц) и Мурсия (855 кГц). Это довольно значительное сокращение для испанского радио, ведь Испания заметно выделялась на фоне остальной Европы, поскольку это была единственная страна с более чем двумя сотнями передатчиков. Однако же на сегодняшний день работают 163 передатчика, среди них преобладает общественное радио со 104 передатчиками (транслирующими программы RNE и RNE5), остальные же принадлежат коммерческим вещателям SER и COPE. SER — радиовещательная сеть с наибольшей аудиторией также снижает мощность и проводит отключения передатчиков. В июне 2022 г. из эфира ушли Radio Córdoba и Radio Mallorca. Но в случае SER это происходит по-тихому. Иногда станциям не хватает УКВ-частот, поэтому крупные радиосети используют одни и те же частоты для вещания нескольких своих программ (Cadena Dial, Los 40, Cadena 100 или Rock FM). Это уже сделали Cope Ciudad Real и Cope Puertollano, которые после нескольких лет вещания без лицензии используют частоты Cadena 100 (источник — URL: **https://blog.radioreporter.org/spain-new-medium-wave-cuts** (19.08.22)).

**МАЛАЙЗИЯ**. Издание The Borneo Post рассказывает о возвращении в коротковолновый эфир радиостанции RTM Sarawak FM и важности радиовещания в малайзийском штате Саравак, расположенном на острове Калимантан. Радиовещание оказало глубокое влияние на общество с момента своего

появления в начале XX века и, несмотря на появление цифровых платформ, до сих пор остаётся одним из самых мощных инструментов коммуникации. По словам главного помощника директора секции "Радио Саравак" холдинга Radio Televisyen Malaysia (RTM) Маррилла Чунггата, радиовещание в штате Саравак продолжает играть важную роль в коммуникации с населением. Это особенно актуально в сельских районах, в которых цифровые платформы пока остаются малодоступными, а полноценный охват аудитории в этих районах может быть достигнут посредством вещания в диапазонах коротких волн или УКВ , — сказал он в интервью The Borneo Post. Он отметил, что в Сараваке, в частности в Мири, есть некоторые районы, где до сих пор люди слушают короткие волны, а трансляция осуществляется через передатчик филиала RTM Kajang, который всё ещё работает. Диапазон КВ по-прежнему необходим, особенно во внутренних районах страны, как средство доставки информации и для того, чтобы слушатели были в курсе того, что происходит. Sarawak FM — это радиостанция холдинга RTM, вещающая на малайском языке. Она была запущена 8 июня 1954 г., а впоследствии (в 1963 г.) стала частью вещательной сети Radio Malaysia. Станция вещает 24 часа в сутки, и в её эфире можно услышать музыку Малайзии и других стран. Согласно информации short-wave.info, станция работает на частоте 9835 кГц мощностью 1 кВт с 22:30 до 14:00.

**НОРВЕГИЯ**. В блоге Mediumwave.info приводится сообщение Свенна Мартинсена из Northern Star Media Services AS о планах скорого возвращения в эфир норвежских радиостанций Radio Northern Star/The Sea. Ранее сообщали о временном прекращении вещания станций на КВ и СВ по причине истечения срока действия лицензии. Станция The Sea отсутствует в эфире. Вещание было прекращено после полуночи 15 декабря 2021 г. The Sea — это станция, вещающая в формате Classic Country. Но теперь новые лицензии были выданы на вещание на частотах 630, 1314, 1611 и 5895 кГц. Что касается частоты 1611 кГц — "Международный союз электросвязи" разрешает использование этой частоты только для Ватикана и Норвегии. В остальных случаях её использование является нелегальным. Планируется запустить трансляцию в цифровом стандарте на этой частоте в соответствии с условиями лицензии, выданной норвежским регулятором.

Возможно, невежество заставляет людей думать, что они могут вещать на любой понравившейся частоте. В любом случае, пираты сводят на нет усилия, которые были приложены для того, чтобы эта частота была свободной и её можно было использовать для вещания в Норвегии. В диапазоне 1,6 МГц "Международным союзом электросвязи" также разрешена работа радиостанций в обеих Америках, Азии и тихоокеанском регионе, а пираты мешают в Европе принимать эти станции. Стоит ещё добавить, что в этом диапазоне работают и служебные станции, которым пираты могут создавать помехи.

**ЧЕХИЯ**. Длинноволнового передающего центра в Чехии больше не существует. Чешская государственная вещательная компания CRA приняла решение уничтожить мачты передающего центра. Сенатский комитет по обороне и безопасности призывал правительство рассмотреть возможность использования передатчиков в чрезвычайных ситуациях. А министерство культуры думало, объявить ли передающий центр в Топольне памятником. Все эти ведомства были удивлены, когда 28 июля 2022 г. CRA решила взорвать две мачты высотой 270 м длинноволнового передающего центра в Топольне. Так, даже администрация и мэр населённого пункта, где размещался передающий центр, не знали о его уничтожении и также хотели сохранить его как памятник. Надо сказать, что простая замена тросов мачты обошлась бы почти в 4 млн евро владельцу передающего центра, которым является CRA, а взрывчатка ставит точку в этой истории. В начале года передатчик в Топольне, близ Угерске-Градиште, прекратил вещание чешского радио на длинных волнах (270 кГц) спустя 69 лет. Это было одиннадцатое по высоте сооружение в Чехии.

Чешская вещательная компания CRA рассматривает возможность продолжения трансляций в диапазоне средних волн и тестирует цифровой формат DRM на частоте 954 кГц (ранее аналоговое вещание на этой частоте было прекращено).

В своём твиттере директор по юридическим и нормативным вопросам CRA Марсель Прохазка упомянул, что для трансляции используется передатчик в Ческе-Будеёвице в регионе Южной Богемии, он работает мощностью 3,16 кВт, высота подвеса антенны — 107 м. CRA заявила в пресс-релизе на чешском языке, что тест предназначен для проверки возможности использования существующего передающего оборудования для целей цифрового радиовещания. CRA рассчитывает проверить различные параметры модуляции, дневное и ночное покрытие, пропускную способность и устойчивость к помехам. Пресс-секретарь CRA Анна Тумова заявила, что основная цель испытаний — проверить совместимость существующих средневолновых АМ-передатчиков с DRM. Оценка результатов испытаний будет проведена в 2023 г. Хотя DRM-консорциум не имеет отношения к тестам в Чехии, председатель консорциума Руксандра Обрея приветствовала эту инициативу — "Мы очень рады тому, что в Чехии проводятся тестовые трансляции в цифровом формате на средних волнах... Мы уверены, что в результате тестов подтвердится работоспособность стандарта DRM, который используется в Индии более чем на 35 передатчиках, а также в других странах".

Обрея также отметила значимость возможности модернизации аналогового оборудования CRA для трансляции цифрового радио. — "Тот факт, что аналоговый передатчик, используемый в Ческе-Будеёвице, может быть модернизирован для использования в стандарте DRM, является приятным бонусом, и это придаст уверенности тем, кто хочет перейти на цифровой стандарт, ведь для этого не потребуется менять всё оборудование и вкладывать огромные суммы денег, особенно в нынешних условиях... Мы с нетерпением ждём результатов чешских тестов." Общественный вещатель Český Rozhlas сотрудничает с CRA в проведении этих тестов — во время их проведения транслируется новостная программа ČRo Radiožurnál. В последние годы ČRo неуклонно сокращает использование АМ-вещания в пользу УКВ и DAB+. Хотя у CRA нет текущих планов по использованию DRM на постоянной основе (источник — URL: **https://www.radioworld.com/global/cra-runs-drm-digital-am-trial-in-czechia** (19.08.22)).

**ЮАР**. Радиостанция Voice of Hope Africa анонсировала своё новое частотное расписание на коротких волнах с 7 августа 2022 г. Voice of Hope Africa вещает на коротких волнах на регионы Южной, Центральной и Западной Африки из Лусаки (Замбия) с помощью двух передатчиков мощностью 100 кВт и логопериодических антенн TCI. "Группа стратегических коммуникаций SCG" приобрела в 2014 г. этот передающий центр у Christian Vision. Столкнувшись с экономическим кризисом, SCG была вынуждена сократить своё вещание в Замбии и США и прекратить вещание на средних волнах в Израиле. Для многих людей в Африке коротковолновое радио остаётся лучшим способом получения информации. Приёмники доступны в Африке по очень низкой цене, и они есть почти у каждого. Интернет также доступен во многих странах Африки, но большинство людей не подключаются к нему из финансовых соображений. Новое расписание передач на английском языке следующее: с 04.00 до 04.30 — на частотах 9680 и 11680 кГц; с 05.00 до 08.00 — на частотах 9680 и 11680 кГц; с 14.00 до 16.00 — на частотах 6065 и 9680 кГц; с 16.00 до 17.00 — на частотах 4965 и 6065 кГц. Передающий центр "Голоса надежды" расположен в 30 км к юго-западу от Лусаки, он включает в себя около десяти зданий на участке площадью 60 га. Помимо радио, в кампусе есть жильё для персонала и небольшая клиника. В одном из зданий находятся два коротковолновых передатчика Continental мощностью по 100 кВт, совместимых с Digital Radio Mondiale — DRM. Один из передатчиков вещает на Южную Африку, Намибию, Ботсвану, Лесото, Свазиленд, Мозамбик, Мадагаскар, Зимбабве, Замбию, Малави, Анголу, Танзанию, Конго, Уганду, Кению. Антенна — всенаправленная. Второй передатчик вещает на Конго, Камерун, Нигерию, Габон, Гану, Либерию, Сенегал, Мавританию, Мали, Буркина-Фасо, Нигер, Чад, Мавританию, Алжир, Ливию, Марокко, Западную Сахару, Экваториальную Гвинею. Антенна с высоким коэффициентом усиления направлена на Западную, Центральную и Южную Африку с азимутом 310°.

***Хорошего приёма и 73!***


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

# КВ-радиоприёмник

С. ДОЛГАНОВ, г. Барабинск Новосибирской обл.

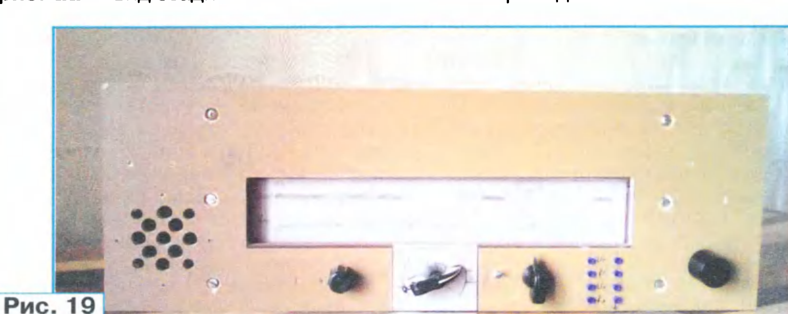
*Окончание.*
*Начало см. в "Радио", 2022, № 9*

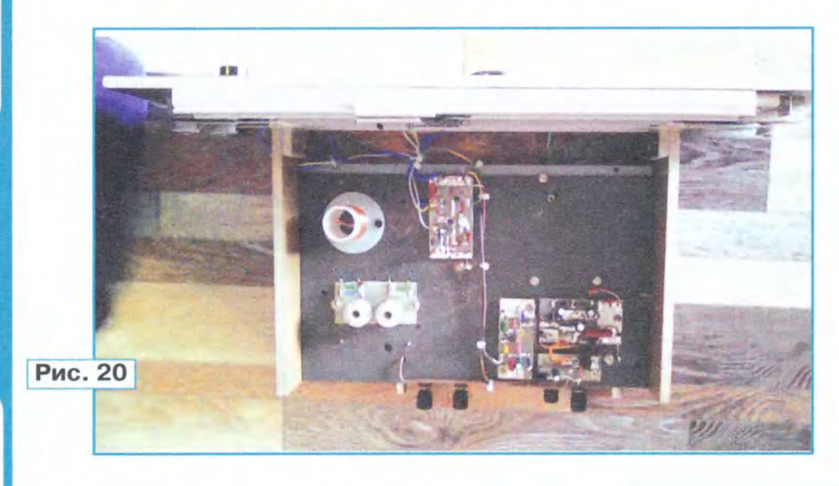
На **рис. 19** показан вид на переднюю панель, на **рис. 20** — вид РП сверху, на **рис. 21** — вид РП снизу, на **рис. 22** — вид сзади.

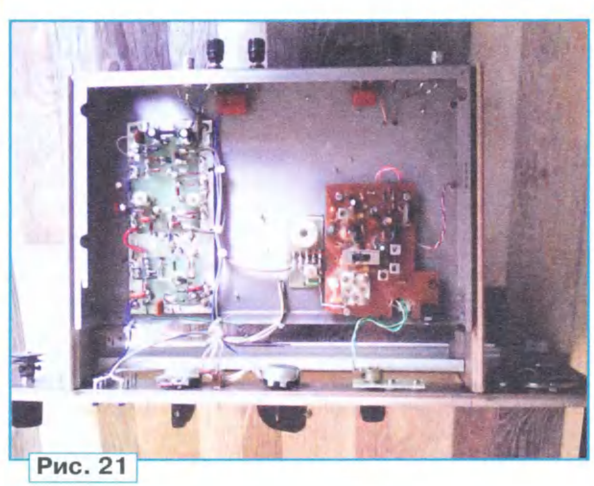
На **рис. 23** показано расположение деталей на внутренней стороне передней панели 1. Несущая рейка контактных проводников 29 стягивает канал кабельного короба 30 винтовыми соединениями (винт М4) 31 с передней панелью 1. Контактные лепестки 32, скрученные петлёй концы контактного проводника (нихромовый провод диаметром 0,3 мм) 33 и металлические втулки 34 крепятся винтами М3 35 к несущей рейке контактных проводников 29. Натяжной уголок 36 держит в натянутом состоянии контактный проводник 33 силой упругости пружин (на сжатие) 37 и крепится к несущей рейке контактных проводников винтами М3 38. При установке нихромовых проводников винты 38 ввинчивают до полного сжатия пружин 37. После установки нихромовых проводников винтами 38 отпускают пружины 37 до полного натяжения нихромовых проводников (**рис. 24**). Отрезанная крышка 39 от пластмассового кабельного короба (высота 18 мм, ширина 40 мм) с привинченными к ней с помощью винтов М3 42 креплением указателя шкалы 40 и короткозамыкающим ползунком 41 с прижимными пластинами 43 свободно перемещается по каналу 30 кабельного короба, тем самым меняя сопротивление между контактными лепестками 32 (**рис. 25**, **рис. 26**). К креплению указателя шкалы 40 винтами М3 с гайками 44 устанавливают указатель шкалы 6. Отверстия на указателе шкалы необходимы только для удобства градуировки самой шкалы 4. Через эти отверстия карандашом отмечают точки на шкале. Динамическая головка 46 и крепление динамической головки 47 (см. рис. 23) — от радиоприёмника КВ-308АС.

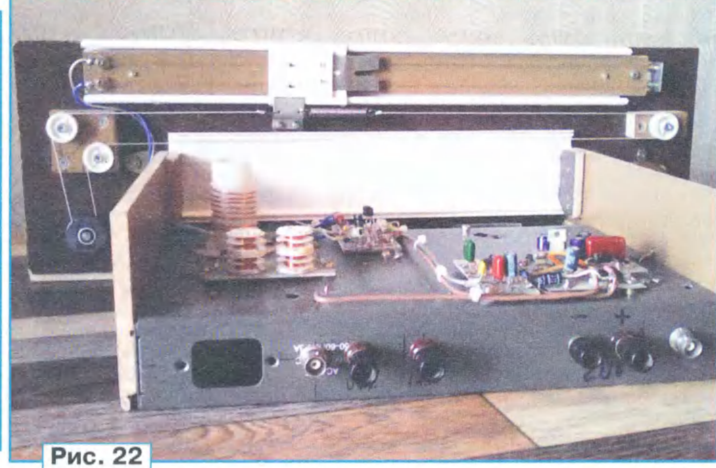
Материалом для короткозамыкающего ползунка служит экран портов RS-485 от коммутатора компьютерной сети. Для улучшения скольжения частей пластмассового кабельного короба применена силиконовая смазка. Остальные неметаллические детали изготавливают из МДФ. Все винты и пружины — от принтеров или другой оргтехники.

Вращательное движение ведущего шкива 45 посредством блоков направляющих шкивов (виды Ж и Д, **рис. 27**) с помощью шёлковой нити 48 (см. рис. 23), соединённой с креплением указателя шкалы 40 через отверстие диаметром 2 мм крюком 49 и натяжной пружиной


Рис. 19


Рис. 20


Рис. 21


Рис. 22


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

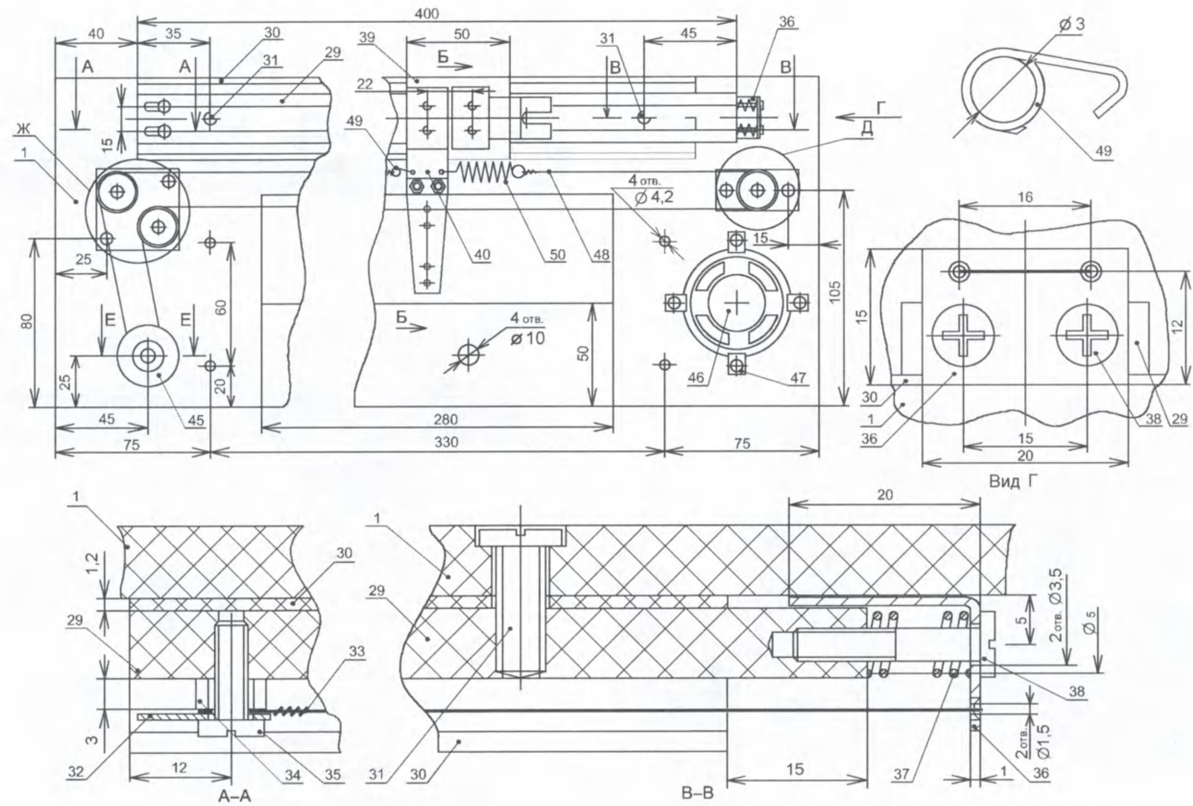


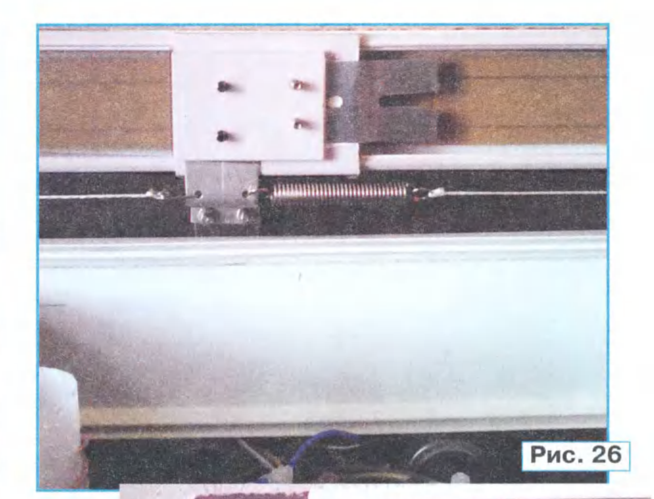

Рис. 23

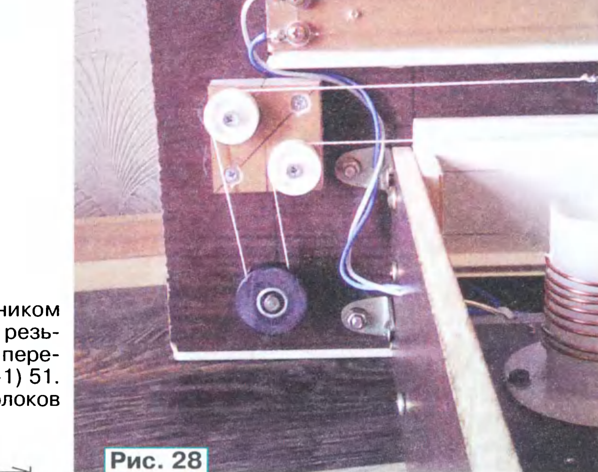
Б–Б

Рис. 25

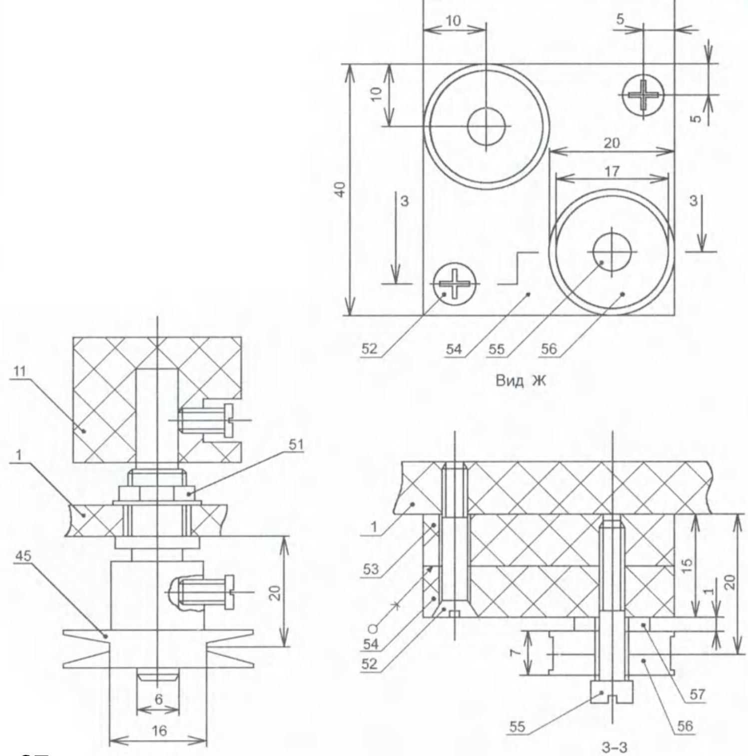


Рис. 24


Рис. 26


Рис. 28

(пружина на растяжение) 50, преобразуется в прямолинейное движение указателя шкалы 6 с короткозамыкающим ползунком 41. Ведущий шкив 45 (**рис. 28**) и ручка 11 крепятся на передней панели 1 подшипником скольжения с наружной резьбой и гайкой (узел от переменного резистора СП-1) 51. Общими элементами блоков



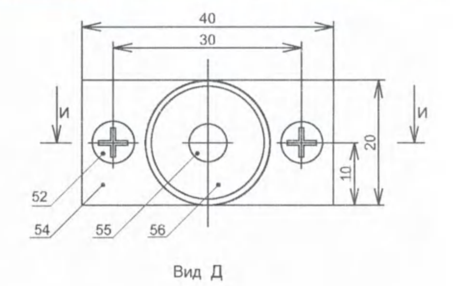




Рис. 27

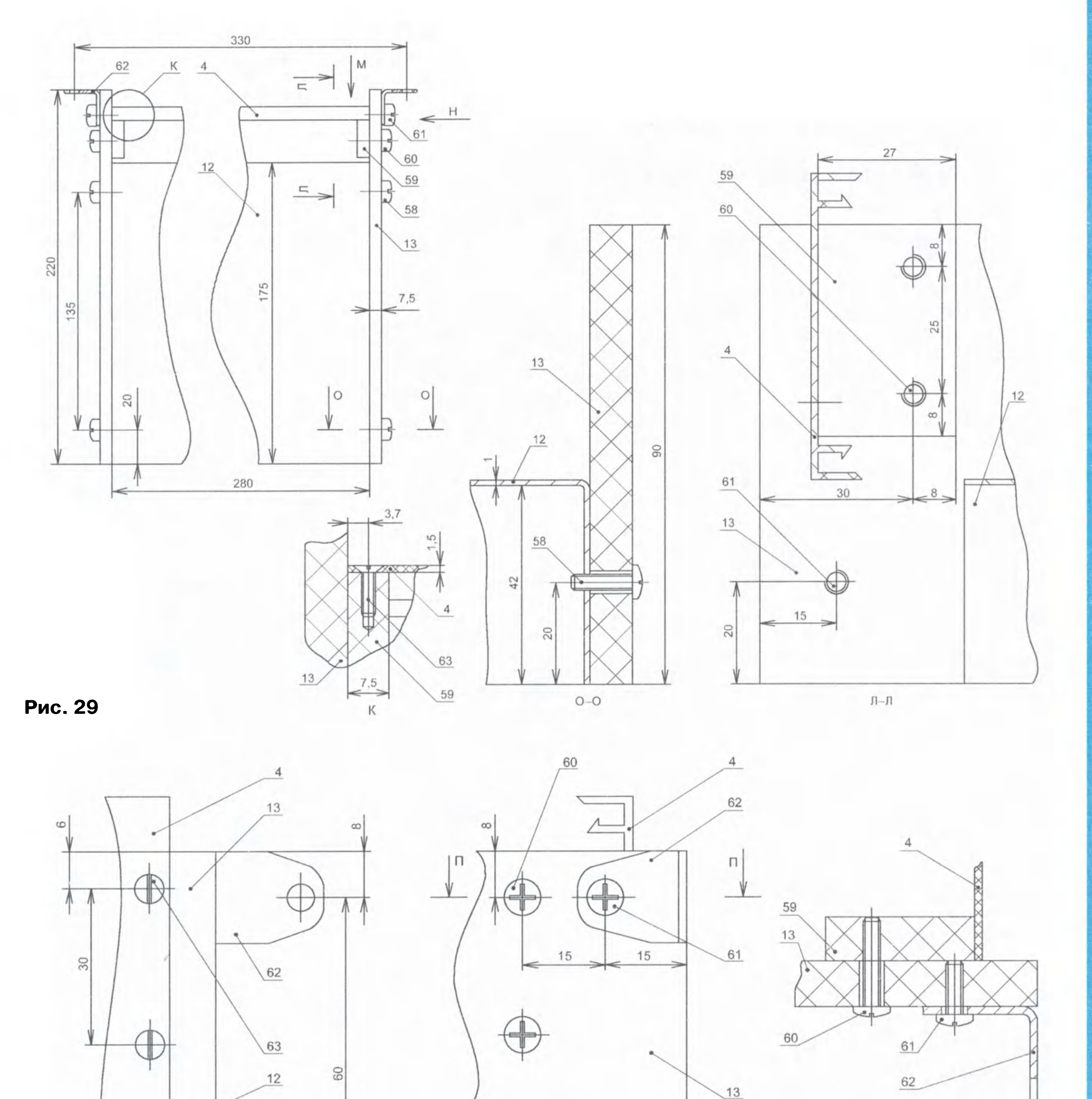



**Рис. 29**

**Рис. 30**

направляющих шкивов, крепящихся к передней панели 1 одинаковыми винтами M4 52, являются склеенные подкладки 53 и накладки 54, винты M4 крепления направляющих шкивов 55, одинаковые шкивы 56 и шайбы 57.

Источником высококачественных шкивов могут послужить и игрушки для дошкольников.

Шасси РП (**рис. 29**, **рис. 30**) состоит из металлического короба (каркас коммутатора компьютерной сети) 12, боковых стенок 13, винтовых соединений (винт M4) 58 боковых стенок с металлическим коробом, планок крепления шкалы 59, шкалы 4, винтовых соединений (винт M4) 60 планок крепления шкалы 59 с боковыми стенками 13, винтовых соединений (винт M4) 61 мебельных уголков 62 с боковыми стенками 13, винтовых соединений (винт M3) 63 шкалы 4 с планками крепления шкалы 59.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

# Первый полюс усилителя и на что он действительно влияет

И. РОГОВ, г. Ростов-на-Дону

***В статье показано, как образуется первый полюс АЧХ в современных усилителях мощности звуковой частоты, охваченных общей отрицательной обратной связью, как правильно его сформировать, а также объяснено влияние частоты первого полюса АЧХ усилителя на параметры этого усилителя. Статья ориентирована как на начинающих, так и на опытных радиолюбителей.***

Уже много лет в печати и Интернете идут разговоры о влиянии частоты первого полюса усилителя мощности звуковой частоты (УМЗЧ) на его параметры. Но полной ясности в этом вопросе так и нет. Зато существует великое множество заблуждений, а то и откровенных манипуляций с целью продвинуть различные сомнительные технические решения [1]. Попробуем внести ясность в этот на самом деле не такой уж сложный, но запутанный вопрос.

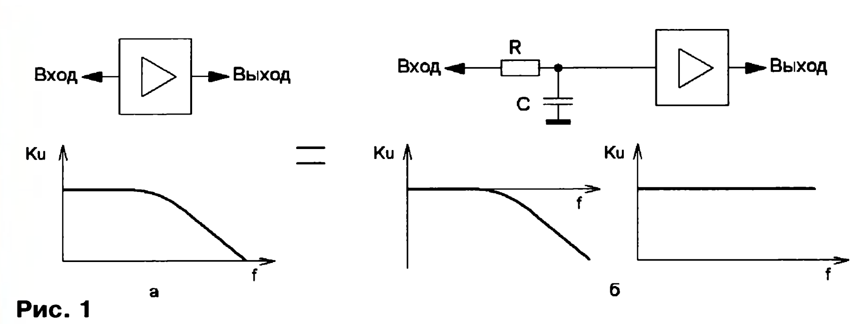



**Рис. 1**

Сразу оговорюсь, что в статье не учитываются некоторые явления, такие как нелинейность усилителя или образование полюсов высокого порядка, которые хоть и являются важными, но их влияние достаточно мало для того, чтобы можно было их опустить без потери как существа вопроса, так и точности выводов и результатов. Особенно важной здесь является нелинейность исходного усилителя. Частотные свойства нелинейных устройств, охваченных отрицательной обратной связью, — это весьма сложный раздел теории автоматического регулирования, и решение подобных задач не всегда сводится к простым графическим построениям, приведённым в статье. Но мы будем говорить об усилителях, предназначенных для обеспечения высокого качества звучания. Эти устройства достаточно линейны, поэтому графические расчёты, приведённые в статье, для них вполне применимы.

Вначале разберёмся, что такое полюса усилителя, откуда они берутся и на что, в принципе, влияют.

Рассмотрим отдельный усилительный каскад. Природа вещей такова, что быстродействие любого устройства ограничено. Поэтому любой усилительный каскад имеет максимальную рабочую частоту, выше которой его коэффициент усиления Ku начинает неуклонно снижаться (**рис. 1**,а). Для упрощения анализа любой усилительный каскад можно заменить идеальным, имеющим бесконечно широкую полосу частот и соединённым последовательно с ним RC-фильтром нижних частот (ФНЧ) первого порядка, частота среза которого равна частоте среза исходного усилительного каскада (рис. 1,б). Этот фильтр как раз и создаёт требуемый спад амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). В результате суммарная АЧХ системы идеальный усилитель+ФНЧ в точности равна АЧХ исходного усилительного каскада.

Такая замена позволит нам вместо анализа усилительного каскада заняться анализом более простой цепи — RC-фильтра, определяющего частотные свойства каскада. АЧХ ФНЧ первого порядка показана на **рис. 2** (линия 1). В левой части графика находится полоса пропускания, там АЧХ практически горизонтальна, и выходное напряжение равно входному. Правая часть графика — полоса подавления, где коэффициент передачи уменьшается с ростом частоты. Спад АЧХ на этом участке равен 6 дБ/октаву или 20 дБ/декаду. Октава — изменение частоты в два раза, декада — изменение частоты в десять раз. Таким образом, во сколько раз изменилась частота, во столько же раз изменился коэффициент передачи фильтра.

Границей между полосой пропускания и полосой подавления является частота среза фильтра. На рис. 2 это частота — 1000 Гц. На частоте среза коэффициент передачи фильтра уменьшается в корень из двух раз — на 3 дБ. И эта точка называется полюсом передаточной функции (математической модели фильтра). Полюс — точка, в которой знаменатель передаточной функции обращается в ноль, она очень важна в теории, а на АЧХ проявляется как точка, в которой происходит изменение наклона графика. Так что частота среза фильтра — это одновременно частота его полюса.

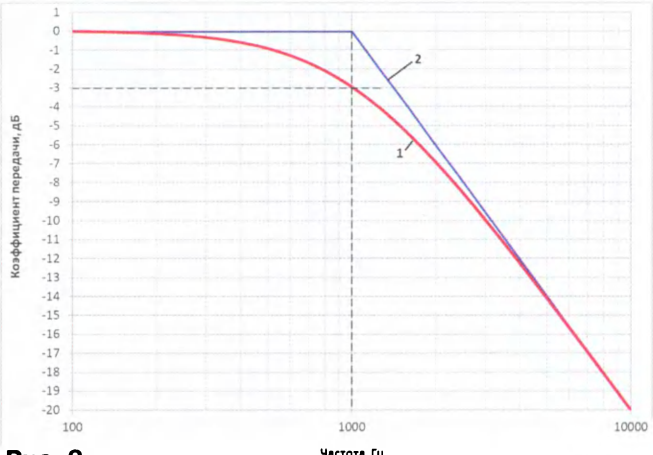



**Рис. 2**

С целью упрощения построения АЧХ вместо плавных кривых используют ломаные линии, подобные линии 2 на рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики, изображаемые ломаными линиями, называются асимптотическими, которые совпадают с истинными АЧХ в большинстве точек, исключая окрестности частоты среза, где их разница максимальна и достигает 3 дБ. Излом асимптотической АЧХ соответствует частоте среза и наглядно показывает расположение полюса. На частоте выше частоты полюса возникает спад АЧХ с крутизной 20 дБ/декада (**рис. 3**).

Один полюс соответствует одному усилительному каскаду (в диапазоне частот, характерном для УМЗЧ). Но УМЗЧ —

РАДИО® ЗВУКОТЕХНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 10, 2022

многокаскадные и должны содержать как минимум два каскада — усилитель напряжения и выходной эмиттерный повторитель. Подобные усилители снова входят в моду, но они имеют существенный недостаток — слишком малый коэффициент усиления с разомкнутой цепью общей ООС и, как следствие, большие нелинейные искажения. Гораздо лучшие результаты показывают трёхкаскадные УМЗЧ. При числе каскадов, превышающем три, возникают существенные проблемы с устойчивостью.

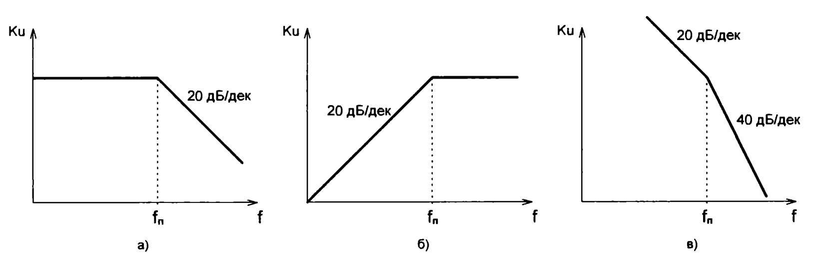



**Рис. 3**

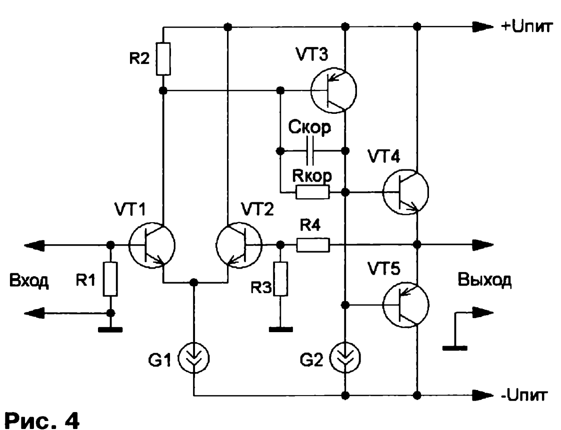



**Рис. 4**

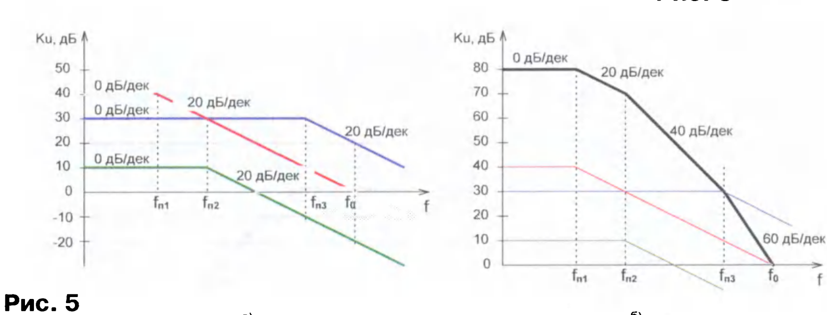



**Рис. 5**

Рассмотрим трёхкаскадный усилитель мощности, выполненный по наиболее удачной (и поэтому распространённой) топологии Лина (Lin H. M.) [2], упрощённая схема которого показана на **рис. 4**.

Первый каскад — дифференциальный каскад (ДК) на транзисторах VT1 и VT2. На него поступает как входное напряжение, так и напряжение общей ООС с выхода усилителя через делитель напряжения R4R3. На транзисторе VT3 выполнен каскад усиления напряжения (КУН), обычно имеющий наибольший коэффициент усиления. Выходной каскад (ВК) на транзисторах VT4 и VT5 представляет собой двухтактный эмиттерный повторитель и служит для усиления тока. Три каскада создают три полюса передаточной характеристики, каждый на своей частоте. Совпадение частот полюсов каких-либо каскадов весьма маловероятно, к тому же его стараются избегать.

Рассмотрим, как формируется общая АЧХ многокаскадного усилителя из АЧХ его отдельных каскадов. Числа на графиках, приводимых далее, с одной стороны, достаточно условны, чтобы не пытаться соотнести их с какими-то реальными устройствами, с другой стороны, они достаточно близки к реальным, поэтому удобны для количественной оценки свойств реальных УМЗЧ.

На **рис. 5**,а показаны три АЧХ, соответствующие трём каскадам некоторого гипотетического усилителя. При последовательном соединении этих каскадов в один усилитель их АЧХ определённым образом перемножаются. Если же АЧХ построены в двойном логарифмическом масштабе, по оси X откладывается логарифм частоты, а по оси Y — логарифм амплитуды, т. е. привычные для нас децибелы (такая АЧХ называется логарифмической амплитудно-частотной характеристикой — ЛАЧХ), тогда АЧХ каскадов можно складывать, причём непосредственно графически. Результат такого сложения показан на рис. 5,б. Сложение производится следующим образом. Для каждой частоты суммарная АЧХ является суммой АЧХ всех каскадов на этой же частоте. Сложение аппроксимированных ЛАЧХ, являющихся ломаными линиями, наиболее простое — достаточно сложить значения для каждого из концов соответствующих отрезков. Суммарная АЧХ включает в себя полюса всех составляющих её каскадов, поэтому содержит изломы АЧХ на частотах этих полюсов. В результате крутизна спада АЧХ в разных частотных диапазонах получается различной. Суммарная АЧХ трёхкаскадного усилителя на рис. 5,б формируется следующим образом (отдельные АЧХ складываются в порядке красная + синяя + зелёная):

— частота равна нулю, Ku = 40 + 30 + +10 = 80 дБ;

— частота равна $f_{п1}$, Ku = 40 + 30 + + 10 = 80 дБ;



**Рис. 6**

— частота равна $f_{п2}$, Ku = 30 + 30 + + 10 = 70 дБ;

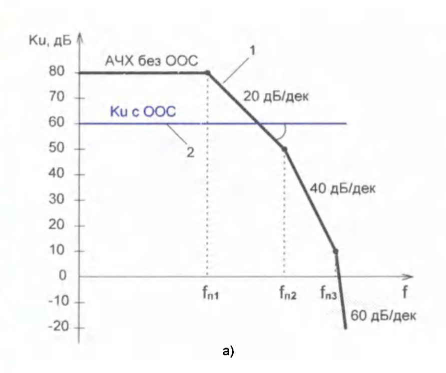
— частота равна $f_{п3}$, Ku = 10 + 30 + + (−10) = 30 дБ;

— частота равна $f_0$, Ku = 0 + 20 + + (−20) = 0 дБ.

Линию на рис. 5,б можно считать АЧХ усилителя до охвата его общей ООС, поэтому назовём её разомкнутой АЧХ. Соответственно после замыкания цепи общей ООС усилителя АЧХ изменится и будет замкнутая АЧХ.

Влияние ООС на АЧХ одного усилительного каскада иллюстрирует **рис. 6**. Линия 1 — это разомкнутая АЧХ, линия 2 — замкнутая. Замкнутая АЧХ получается очень просто. Через точку, соответствующую выбранному коэффициенту усиления с замкнутой ООС (в нашем случае это 30 дБ), проводится горизонтальная прямая до пересечения с графиком разомкнутой ООС. Далее замкнутая АЧХ совпадает с разомкнутой.

Коэффициент усиления усилителя с замкнутой ООС $K_{у\ оос}$ определяется параметрами цепи ООС. Для усилителя, изображённого на рис. 4, $K_{у\ оос}$ = = 20•lg(R4/R3+1). Численное значение



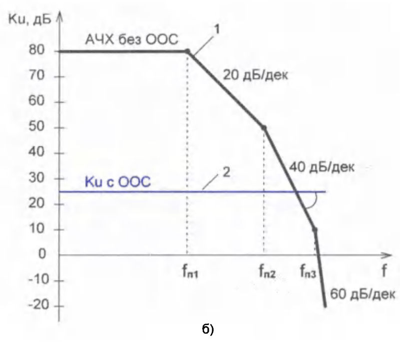




**Рис. 7**

А на рис. 6 — это глубина ООС на частоте $f_{п1}$, она равна 50 дБ ≈ 316 раз. Благодаря влиянию ООС частота среза (а значит, и частота полюса) каскада возрастает в 316 раз и примерно во столько же раз снижаются искажения на низких частотах. На более высоких частотах, там, где разомкнутая АЧХ уже имеет спад, глубина ООС соответственно меньше и искажения также снижаются в меньшей степени, примерно пропорционально глубине ООС.

Для многокаскадного усилителя всё примерно так же, но имеется одно важное уточнение — при охвате многокаскадного усилителя общей ООС возможно самовозбуждение. Оно происходит из-за того, что на определённой частоте сдвиг фазы напряжения на выходе усилителя достигает 180 градусов по отношению к напряжению на входе, и обратная связь из отрицательной превращается в положительную. Если при этом коэффициент усиления больше единицы (больше 0 дБ), самовозбуждение гарантировано.

Будет ли многокаскадный усилитель, охваченный отрицательной обратной связью, работать устойчиво или нет, можно определить по его разомкнутой АЧХ с помощью логарифмического критерия Найквиста [3]. Его применение иллюстрирует **рис. 7**. На графике разомкнутой АЧХ (линия 1) строится прямая линия, соответствующая желаемому коэффициенту усиления с замкнутой отрицательной обратной связью (линия 2). Если эта прямая и разомкнутая АЧХ пересекаются под углом 20 дБ/декаду, то после замыкания ООС усилитель устойчив (рис. 7,а). Если угол пересечения графиков превышает 20 дБ/декаду, после замыкания общей ООС усилитель будет самовозбуждаться (рис. 7,б).

Из графиков на рис. 7 следует, что в этом усилителе возможно получить минимальный коэффициент усиления с общей ООС, равный 50 дБ (на самом деле это будет соответствовать границе устойчивости, и такое возможно лишь теоретически). И соответственно максимальная глубина отрицательной обратной связи будет составлять 30 дБ, что очень мало. К сожалению, в подавляющем большинстве реальных УМЗЧ ситуация примерно такая же.

Вот если бы можно было каким-то образом изменить исходную разомкнутую АЧХ усилителя так, чтобы обеспечить устойчивую работу при большой глубине отрицательной обратной связи! Вариант снизить исходный коэффициент усиления, снизив общее усиление и сместив весь график разомкнутой АЧХ (рис. 7,б) вниз не рассматривается, максимальная глубина ООС при этом не изменится, так и останется 30 дБ. Для решения задачи необходимо что-то сделать с частотами полюсов исходной разомкнутой АЧХ.

Для этого можно предложить два варианта, показанных на **рис. 8**. Первый вариант — увеличить частоту второго полюса усилителя без ООС, рис. 8,а. Линия 1 — исходная АЧХ, линия 2 — изменённая АЧХ с увеличенной частотой второго полюса. Исходное значение частоты второго полюса — $f_{п2}$, а новое — $f_{п2}'$. Как видно из графика, линия 3, соответствующая коэффициенту усиления с замкнутой ООС, пересекает исходную АЧХ под углом 40 дБ/декаду, а скорректированную АЧХ — под углом 20 дБ/декаду. То есть скорректированный усилитель будет устойчив. Это великолепный вариант решения задачи, но, к сожалению, он практически неосуществим, поскольку частота второго полюса и так максимальна. При разработке усилителя уже предпринят максимум усилий для всевозможного повышения этой частоты, если, конечно, речь идёт о хорошо спроектированном усилителе.

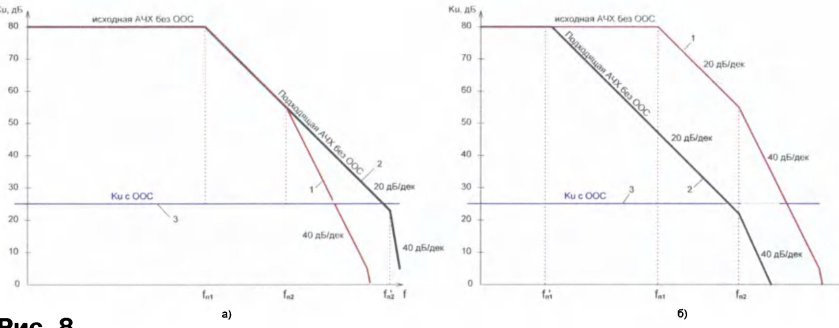



**Рис. 8**

Второй вариант, показанный на рис. 8,б, реализует противоположную идею — не улучшить частотную характеристику одного из каскадов, а, наоборот, "ухудшить"! И в этом есть практический смысл, поскольку ухудшение характеристик осуществимо практически всегда. Слово "ухудшение" взято в кавычки, потому что, на первый взгляд, "ухудшая" отдельный каскад, мы на самом деле улучшаем результат, т. е. усилитель в целом. Здесь исходное значение частоты первого полюса усилителя — $f_{п1}$, а новое — $f_{п1}'$. Итак, если в исходном усилителе выбрать самый низкочастотный каскад, отвечающий за первый полюс усилителя, и скорректировать его АЧХ таким образом, чтобы ещё более снизить частоту среза этого каскада, то в результате после замыкания цепи ООС усилитель окажется устойчив при работе с заданным коэффициентом усиления. Более того, соответствующим выбором новой частоты первого полюса усилителя можно обеспечить устойчивость усилителя при любом значении коэффициента усиления с замкнутой ООС, даже при единичном (**рис. 9**). Такая коррекция широко применяется в операционных усилителях, обеспечивая универсальность их применения.

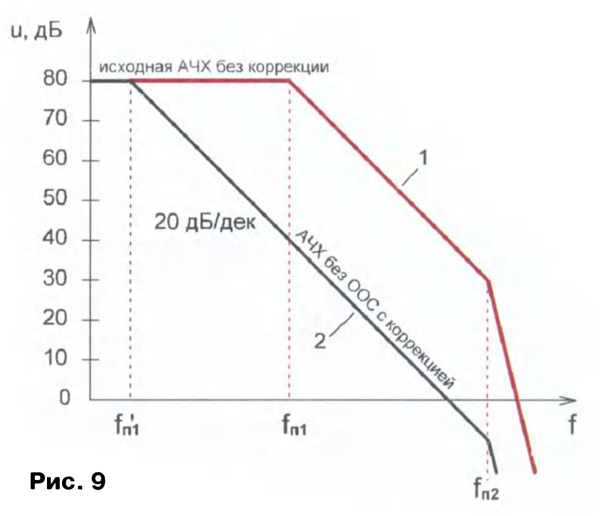



**Рис. 9**

Из этого рисунка видно, что при достаточно низкой скорректированной частоте первого полюса АЧХ усилителя

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

изменяется таким образом, что на частотах всех остальных полюсов коэффициент усиления с разомкнутой ООС оказывается меньше единицы. Следовательно, остальные полюса усилителя перестают влиять на его свойства. Остаётся только первый полюс, который как бы "подавляет" остальные полюса. Поэтому такую коррекцию называют однополюсной или коррекцией с доминантным полюсом.

Возникает вопрос, а как скорректировать УМЗЧ? Как определить новую частоту первого полюса, чтобы при заданном коэффициенте усиления с замкнутой ООС усилитель был бы устойчив? Графический расчёт коррекции усилителя показан на **рис. 10**. Исходными данными являются АЧХ усилителя без коррекции и требуемое значение коэффициента усиления усилителя с замкнутой ООС.

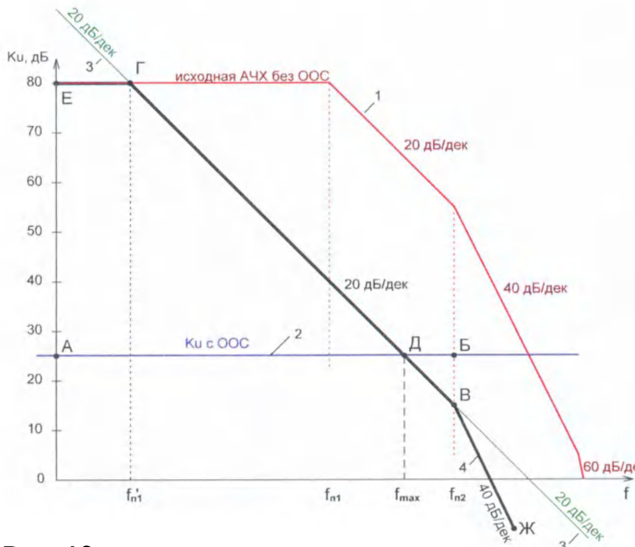



**Рис. 10**

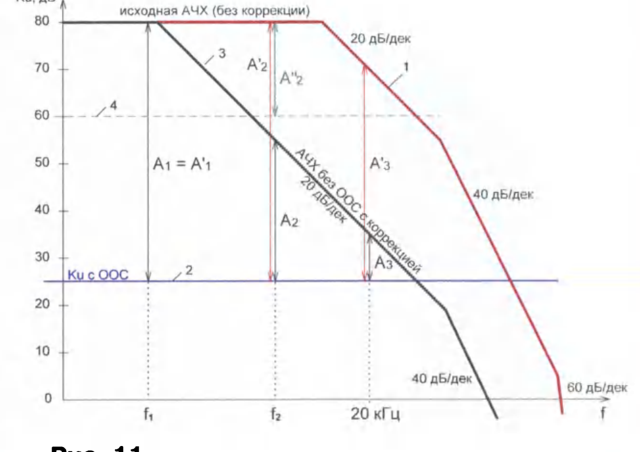



**Рис. 11**

Последовательность действий такова.

1. На графике АЧХ исходного усилителя (линия 1) строится горизонтальная прямая, проходящая через значение требуемого коэффициента усиления с замкнутой ООС (Ku с ООС — линия 2). Требуемое значение коэффициента усиления показано точкой А.

2. На пересечении построенной линии 2 и частоты второго полюса усилителя $f_{n2}$ находится точка Б.

3. От точки Б отступаем вниз не менее чем на 10 дБ, получится точка В. Расстояние Б—В называется запасом по амплитуде. Этот запас необходим, так как все расчёты и построения имеют погрешности. Кроме того, он позволяет исключить влияние таких явлений, как нелинейность исходного усилителя, изменение его коэффициента усиления при изменении температуры и напряжения питания, влияние полюсов более высокого порядка. Также запас по амплитуде (а точнее, связанный с ним запас по фазе) улучшает переходный процесс усилителя.

4. Через точку В проводится линия 3, имеющая наклон 20 дБ/декаду.

5. Пересечение линии 3 и исходной АЧХ усилителя даёт точку Г — новую частоту первого полюса усилителя $f_{n1}'$. Именно до этой частоты необходимо скорректировать самый низкочастотный каскад усилителя.

6. Линия Е—Г—Д—В—Ж — это новая разомкнутая АЧХ скорректированного усилителя.

7. Точка Д определяет верхнюю граничную частоту (при малом сигнале) скорректированного усилителя после охвата его общей ООС, а линия А—Д—В—Ж — его АЧХ с замкнутой ООС.

Обратите внимание, что результат построения напрямую зависит от частоты второго полюса усилителя. Чем она выше, тем выше получается скорректированная частота нового первого полюса усилителя $f_{n1}'$. Смещение линии 3 на рис. 10 вправо, в область более высоких частот, улучшает быстродействие усилителя. Так что имеется прямой смысл частоту второго полюса в исходном усилителе максимально увеличивать, о чём и говорилось выше.

Вот и разгадан секрет первого полюса амплитудно-частотной характеристики усилителя: при расчёте коррекции его частота определяется автоматически, исходя из разомкнутой АЧХ нескорректированного усилителя и коэффициента усиления усилителя при замыкании цепи ООС. Частота первого полюса — это лишь следствие совокупности параметров исходного нескорректированного усилителя.

Но есть ещё ряд вопросов, которые хотелось бы осветить.

Рассмотрим, как влияет коррекция усилителя на глубину общей ООС. На **рис. 11** линия 1 соответствует разомкнутой АЧХ нескорректированного усилителя, линия 2 — горизонтальному участку АЧХ усилителя с замкнутой ООС, линия 3 — разомкнутой АЧХ скорректированного усилителя. Стрелками на рисунке показана глубина ООС скорректированного ($A_1$, $A_2$, $A_3$) и нескорректированного ($A'_1$, $A'_2$, $A'_3$) усилителей. На низких частотах, например на некоторой частоте $f_1$, коррекция АЧХ не повлияла на глубину общей ООС. А вот на средних и высоких частотах глубина общей ООС значительно уменьшилась. На некоторой частоте $f_2$ глубина ООС с коррекцией $A_2$ примерно на 25 дБ меньше, чем если бы коррекция отсутствовала, и глубина общей ООС равнялась бы $A_2'$ (на самом деле такого быть не может, но об этом ниже). На верхней частоте звукового диапазона 20 кГц глубина общей ООС нашего гипотетического усилителя составляет $A_3$ = 10 дБ. Это очень мало, такая слабая ООС лишь незначительно снижает искажения.

Сравнение, подобное приведённому на рис. 11, иногда используют с целью дискредитировать идею общей ООС. При этом говорят, что коррекция снижает глубину отрицательной обратной связи, делая тем самым ООС не эффективной. Но такое сравнение некорректно, как и утверждения, подобные приведённым выше. По той простой причине, что значения глубины ООС $A'_2$, $A'_3$ и подобные нереализуемы. Попытка охватить отрицательной обратной связью такой глубины нескорректированный усилитель приведёт к его самовозбуждению. То есть усилитель не будет работать вообще. Для устойчивой работы нескорректированного усилителя, охваченного общей ООС, коэффициент усиления при этом должен быть не менее 60 дБ, соответствующий ему горизонтальный участок замкнутой АЧХ показан на рис. 11 линией 4. Поэтому, если бы ООС охватывался нескорректированный усилитель, максимальная глубина ООС на всех частотах была бы меньше, чем получилась в скорректированном усилителе (например $A''_2$).

Так что коррекция хоть и ослабляет глубину ООС на высоких частотах, но не настолько сильно, чтобы было невозможно обеспечить высококачественное звуковоспроизведение. Снижение глубины ООС на высоких частотах — это вынужденная мера, которая является "расплатой" за обеспечение устойчивости усилителя при охвате его глубокой ООС. Поэтому коррекция АЧХ того или иного вида производится в абсолютно всех усилителях, охватываемых глубокой общей ООС.


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

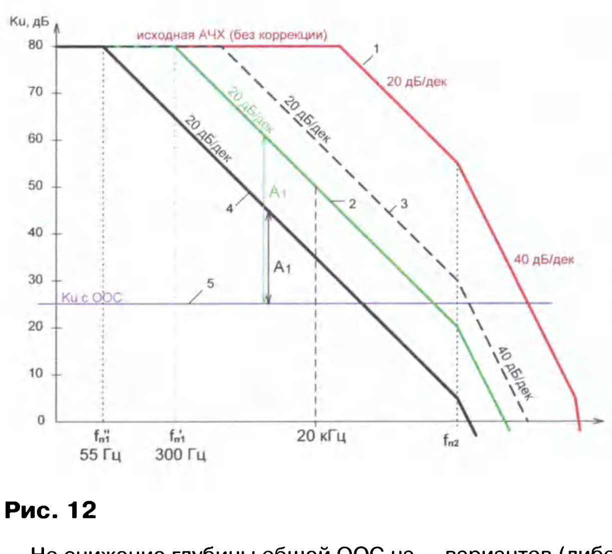



**Рис. 12**

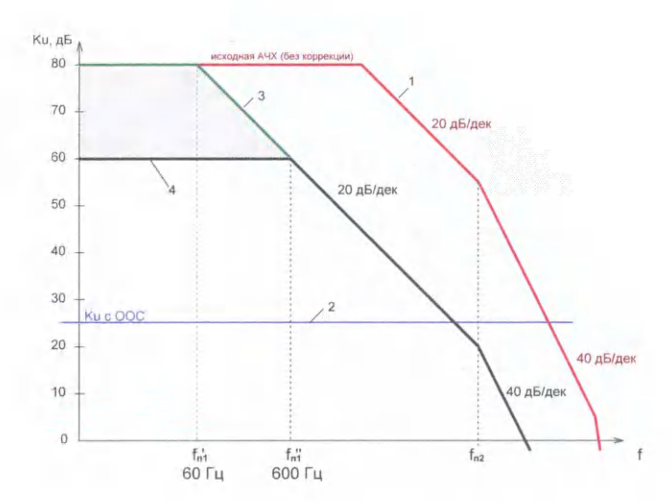



**Рис. 13**

Но снижение глубины общей ООС на средних и высоких частотах неизбежно, это — "расплата" за устойчивость и возможность работы с глубокой ООС на низких частотах. Поэтому и предложен способ, позволяющий снизить нелинейные искажения усилителя на высоких частотах, несмотря на снижение глубины общей ООС. Для этого надо правильно применить коррекцию частоты первого полюса усилителя. В усилителе Лина (см. рис. 4) самым низкочастотным звеном, частоту среза которого надо корректировать, является каскад усиления напряжения на транзисторе VT3. Коррекция осуществляется конденсатором $C_{кор}$, включённым между коллектором и базой транзистора VT3. Ёмкость этого конденсатора определяется исходя из рассчитанной частоты первого полюса скорректированного усилителя (без учёта возможных ёмкостей каскадов усилителя): $C_{кор} = 1/(2\pi R_к f_{п1}')$, где $R_к$ — общее сопротивление всех элементов схемы, подключённых к КУН [4]. Таким образом, создаётся местная частотно-зависимая ООС, снижающая искажения этого достаточно нелинейного каскада. По мере роста частоты и снижения глубины общей ООС глубина местной ООС, действующей через корректирующий конденсатор $C_{кор}$, растёт и тем самым частично компенсирует рост искажений усилителя, вызванный ослаблением общей ООС. Иногда встречаются схемы УМЗЧ, в которых корректирующий конденсатор включён между выходом КУН (коллектором транзистора VT3) и "землёй" (общим проводом) усилителя. В таких усилителях местная ООС в цепи КУН отсутствует, и искажения этих усилителей на средних и высоких частотах заметно выше.

Возможно ли оптимизировать положение первого полюса скорректированного усилителя? На **рис. 12** линия 1 — это разомкнутая АЧХ нескорректированного усилителя; линия 2 — разомкнутая АЧХ усилителя, скорректированного по описанной выше методике; линии 3 и 4 — варианты коррекции с увеличенной и уменьшенной частотами первого полюса. Оптимизация положения полюса подразумевает, что один из вариантов (либо линия 3, либо линия 4) даст лучшие результаты, чем расчётная коррекция (линия 2). Вариант повышения частоты первого полюса отбрасываем сразу, линия 5 коэффициента с замкнутой (Ku с ООС) пресекает линию 3 под углом 40 дБ/декаду, что соответствует самовозбуждению усилителя. Можно несколько увеличить частоту первого полюса, рассчитанного по методике, показанной на рис. 10, если уменьшить запас по амплитуде. Но это чревато потерей устойчивости усилителя, причём самовозбуждение может возникать в моменты, связанные с уровнем усиливаемого сигнала, например на пиках громкости. Такое состояние сложно диагностировать, а вот качество звучания от этого теряется очень сильно. К тому же возможен выход из строя выходных транзисторов усилителя. Другой вариант оптимизации — ещё большее снижение частоты первого полюса, как показано на рис. 12 линией 4. Запас по амплитуде при этом растёт, но какого-нибудь заметного роста устойчивости при этом не происходит, а глубина общей ООС при этом снижается. Так что ни один из вариантов улучшения не дал. Частота первого полюса, полученная по приведённой выше методике, является оптимальной. На самом деле задачей оптимизации являются совсем другие действия, такие как повышение частот остальных полюсов усилителя, снижение паразитных ёмкостей, выбор запаса по усилению, уменьшение общего фазового набега в усилителе на высоких частотах и т. п. Все эти мероприятия представляют собой "высший пилотаж", и зачастую именно они показывают высокий класс разработчика усилителя.

Но есть, по меньшей мере, ещё два способа повышения частоты первого полюса усилителя при сохранении его устойчивости. Рассмотрим их подробнее.

Первый способ состоит в том, что при коррекции усилителя параллельно корректирующему конденсатору $C_{кор}$ подключается резистор $R_{кор}$ (см. рис. 4). Этот резистор работает на низких частотах, когда реактивное сопротивление корректирующего конденсатора $C_{кор}$ велико, создавая частотно-независимую местную ООС в КУН. Он формирует скорректированную разомкнутую АЧХ усилителя, показанную на **рис. 13** линией 4, снижая коэффициент усиления КУН. При этом линия 1 соответствует нескорректированной АЧХ, а линия 3 — разомкнутой АЧХ, скорректированной "обычным" образом. Согласно рисунку, частота первого полюса возросла в десять раз. Является ли это достижением, к которому следует стремиться? Безусловно, нет. Сравните линии 3 и 4. При коррекции "с повышенной частотой первого полюса" в диапазоне частот от нуля до 600 Гц глубина общей ООС ниже, чем при "обыкновенной" коррекции. А никаких других изменений не произошло! Правый скат АЧХ, скорректированной этим способом, полностью совпадает со стандартной коррекцией. Так что на низких и средних частотах усилитель с подобной "усовершенствованной" коррекцией имеет более высокие искажения, чем усилитель со "стандартной" коррекцией. А на более высоких частотах свойства усилителей не различаются.

Подключение резистора, вопреки существующему мнению, не уменьшает ёмкость корректирующего конденсатора, так как теперь значение $R_к$ в формуле расчёта корректирующего конденсатора уменьшилось, поскольку параллельно ему добавили сопротивление резистора $R_{кор}$. Конденсатор же $C_{кор}$ на самом деле задаёт положение линии 3 на рис. 10, определяющей скат АЧХ с наклоном 20 дБ/декаду. А этот скат является общим для обоих способов коррекции. Во сколько раз повысилась частота первого полюса, во столько же раз снизилось значение $R_к$ в формуле вычисления ёмкости корректирующего конденсатора. В результате значение $C_{кор}$ не изменилось.

Так что полученный таким образом эффект повышения частоты первого полюса является рекламно-маркетинговым. Параметры усилителя при такой коррекции ухудшаются в области, показанной на рис. 13 штриховкой, и остаются неизменными на других частотах.

Ещё один способ повысить частоту первого полюса усилителя — использо-

вание модификации коррекции с доминантным полюсом, называемой двухполюсной коррекцией АЧХ [5], который иллюстрирует **рис. 14**. В отличие от "обыкновенной" скорректированной АЧХ (линия 2), АЧХ при двухполюсной коррекции (линия 3) первоначально имеет спад 40 дБ/декаду, а выше по частоте в районе пересечения с линией 4 (Ku с ООС) спад АЧХ становится равным 20 дБ/декаду. Такая коррекция увеличивает глубину ООС в заштрихованной области, а частота первого полюса усилителя может быть повышена во много раз. Расплатой за увеличение частоты первого полюса является большая склонность усилителя к самовозбуждению под действием неучтённых и не всегда контролируемых паразитных индуктивностей и ёмкостей конструкции. А также ухудшение переходного процесса, особенно времени установления выходного напряжения для зоны малых погрешностей (в звуковоспроизведении этот процесс отвечает за то, что называют микродинамикой). Так что значительного выигрыша с помощью такой коррекции в УМЗЧ достичь не удаётся. Гораздо эффективней подобная коррекция может быть применена в интегральных микросхемах, где намного меньше неконтролируемых факторов и очень высокая взаимная согласованность компонентов. Например, в ОУ NE5532 благодаря "многоступенчатой" коррекции глубина ООС на частоте 15 кГц может достигать 60 дБ [6].

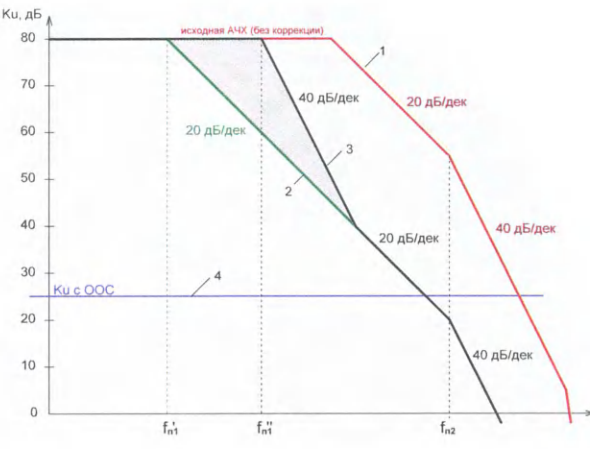



**Рис. 14**

В качестве примера рассмотрим реальный усилитель на микросхеме TDA7293 [7, 8]. Разомкнутая АЧХ микросхемы показана на **рис. 15**. На графике построены дополнительные линии, более наглядно показывающие наклон АЧХ. Хорошо видно, что в диапазоне частот до 15 МГц АЧХ усилителя двухполюсная. Частота первого полюса — около 25 Гц, частота второго полюса — около 4 МГц. Микросхема имеет внутреннюю коррекцию, поэтому её нескорректированная АЧХ неизвестна.

Более подробную информацию даёт **рис. 16**. На нём показаны разомкнутая АЧХ микросхемы (линия 1), разомкнутая ФЧХ (линия 2), а также рекомендованный производителем коэффициент усиления с замкнутой ООС (линия 3). При номинальном коэффициенте усиления запас по амплитуде **a** составляет 20 дБ. Это достаточно большой запас, возможно, вызванный тем фактом, что разброс амплитудных характеристик различных экземпляров микросхем достигает как минимум 4 дБ. Запас по фазе **b** равен 20 градусов. Запасы по амплитуде и фазе взаимосвязаны, и по идее для трёхполюсного усилителя запас по фазе при таком запасе по амплитуде должен получиться больше. Но в данном случае на фазу выходного сигнала влияют как довольно близкий третий полюс, так и более высокочастотные полюса [7]. Эти полюса присутствуют в любом усилителе, но в нашей модели мы их не рассматривали. В качественных усилителях, использующих высокочастотные транзисторы и современные схемные решения, их влияние учитывается некоторым повышением запаса по амплитуде. Рис. 16 демонстрирует конечный результат разработки усилителя с грамотным выбором частоты первого полюса.

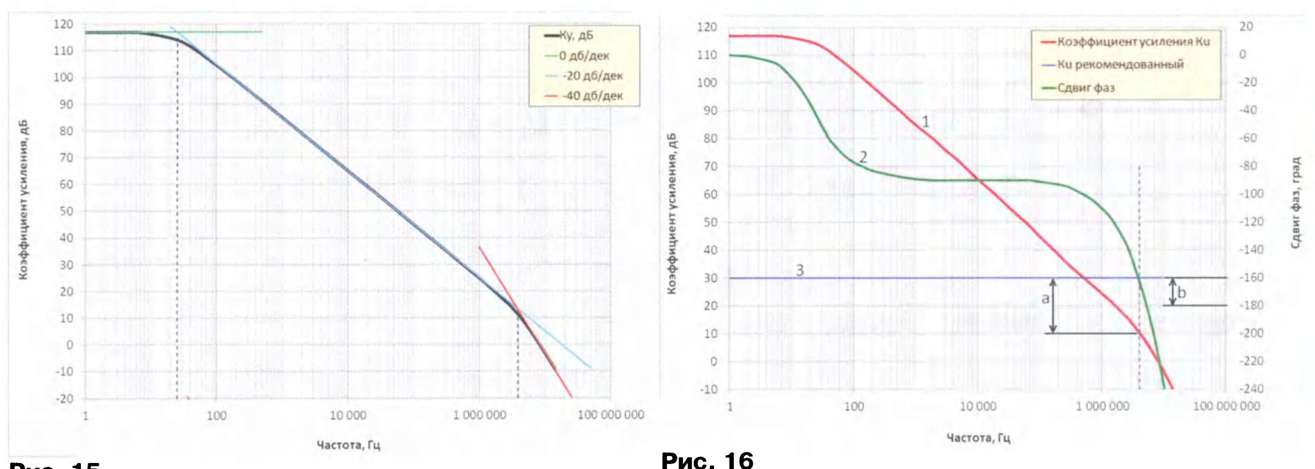



**Рис. 15**

**Рис. 16**

Итак, оказывается, что первый полюс усилителя не является чем-то определяющим. Частотные и скоростные свойства усилителя на самом деле зависят от положения на его амплитудно-частотной характеристике второго полюса и линии спада разомкнутой АЧХ с наклоном 20 дБ/декаду. Конкретная же частота первого полюса может вовсе не влиять на скоростные свойства усилителя (см. рис. 13), а быть предметом разного рода спекуляций. Почему же все разговоры ведутся вокруг первого полюса? На взгляд автора, причин здесь несколько, и большинство из них имеют исторический характер:

— при прочих равных условиях частота первого полюса тем выше, чем в более высокочастотной области проходит линия спада АЧХ разомкнутого усилителя (линия 3 на рис. 10). При этом выше как быстродействие усилителя, так и глубина ООС на высоких частотах. Так что грамотно разработанный усилитель, имеющий более высокую частоту первого полюса, действительно может иметь лучшее быстродействие и более глубокую ООС на высоких частотах. Но положение первого полюса здесь не причина, а следствие грамотной разработки усилителя;

— в усилителях 70—80-х годов XX века использовались сравнительно низкочастотные транзисторы. Схемотехника усилителей была не всегда совершенной, а нелинейность исходного разомкнутого усилителя сравнительно высокой. Чтобы обеспечить устойчивую работу такого усилителя, приходилось использовать очень сильную коррекцию, поэтому частота первого полюса, равная 1 Гц, была в порядке вещей. Более совершенный усилитель с частотой первого полюса 6...10 Гц имел заметно лучшие параметры и гораздо лучшее качество звучания;

— в те годы проводить высокочастотные измерения вблизи второго

полюса усилителя было зачастую сложно, поскольку большинство измерительных приборов работали до частоты 20 кГц, в лучшем случае — до частоты 100 кГц. Поэтому измеряли то, что могли измерить — частоту низкочастотного первого полюса, а затем делали выводы из этих измеренных значений;

— не все радиолюбители хорошо понимали теорию усилителей.

Вот так и родилась "легенда о первом полюсе УМЗЧ".

Раз мы рассматриваем тему полюсов усилителя, хочется пояснить и ещё один вопрос, непосредственно связанный с частотами полюсов УМЗЧ. Это так называемое движение полюсов, возникающее при усилении сигнала.

Речь идёт вот о чём. Параллельно корректирующему конденсатору $C_{кор}$ (рис. 4) на самом деле подключена ещё и ёмкость коллектор—база $C_{кб}$ транзистора КУН. Поэтому реальная частота полюса определяется суммой этих двух ёмкостей. Но ёмкость коллектор—база транзистора зависит от напряжения коллектор—эмиттер $U_{кэ}$ этого транзистора. При увеличении $U_{кэ}$ ёмкость транзистора уменьшается, и наоборот. Поэтому при усилении сигнала $C_{кб}$ транзистора КУН изменяется в такт сигналу, что влечёт за собой изменение ёмкости цепи коррекции. А изменение корректирующей ёмкости означает изменение и частоты полюса усилителя в такт усиливаемому сигналу.

Последнее утверждение неверно несмотря на то, что это явление происходит в реальности. Всё дело в терминологии. Согласно теории, все параметры, связанные с частотой (АЧХ, полюса, частоты среза и проч.), рассматриваются с точки зрения полного периода. Это — "макроскопические" явления. Само понятие частота вводится как число **полных** периодов колебания в единицу времени. Так что процессы, связанные с понятием частота, рассматриваются для периода в целом, который является "неделимым атомом". А вот всё, что связано с изменением ёмкости в течение периода сигнала, изучается в разделах "Переходные процессы" и "Параметрическая ёмкость", где и определяется, как изменяется сигнал внутри отдельного периода. Так что говорить об изменении частоты полюса при изменении параметров цепи **в течение** одного периода сигнала некорректно с точки зрения терминологии. И в этом есть резон, так как все частотные свойства цепей определяются усреднёнными за период параметрами и не зависят от того, что происходит внутри отдельного периода.

Изменение ёмкости корректирующего конденсатора в такт усиливаемому сигналу приводит к возникновению дополнительных нелинейных искажений и снижению устойчивости усилителя. Поэтому, несмотря на терминологическую путаницу, изменение ёмкости коллектор—база транзистора КУН является негативным явлением, с которым надо бороться известными способами. Например, применять для каскада усиления напряжения транзисторы с минимальным значением $C_{кб}$ либо выполнять КУН по каскодной схеме, в которой ёмкость коллектор—база транзистора, включённого по схеме с общей базой, практически не участвует в создании первого полюса АЧХ.

ЛИТЕРАТУРА


1. **Рогов И.** Полюс истины. — Радио, 2019, № 4, с. 8—11.
2. **Селф Д.** Проектирование усилителей мощности звуковой частоты. — М.: ДМК Пресс, 2009.
3. **Войшвилло Г. В.** Усилительные устройства. — М.: Радио и связь, 1983.
4. **Рогов И.** Выходной каскад УМЗЧ — две или три ступени повторителя? — Радио, 2018, № 12, с. 27—30.
5. **Данилов А. А.** Прецизионные усилители низкой частоты. — М.: Горячая линия — Телеком, 2004.
6. Линейность операционных усилителей при больших выходных токах. — URL: **https://electroclub.info/other/i-out-ou-0/** (23.08.22).
7. **Рогов И.** Параметры и модель микросхем TDA7294 и TDA7293. — Радио, 2021, № 2, с. 15—19.
8. TDA7293. 120 V / 100 W DMOS audio amplifier with mute and standby. — URL: **https://www.st.com/en/audio-ics/tda7293.html** (23.08.2022).


# УМЗЧ с выходной мощностью 24 Вт без общей ООС по сигналу

*В. БАРИНОВ, г. Шумерля, Чувашия*

Источником звука для этого усилителя могут быть мобильные телефоны, планшеты, компьютеры, аудиоплееры, медиаплееры, телевизоры, игровые приставки и другие устройства, выход которых рассчитан на подключение динамических головных телефонов. При входном напряжении 0,3 В выходная мощность (максимальная) одного канала усилителя — 24 Вт на нагрузке 8 Ом.

Схема одного канала усилителя показана на **рис. 1**. Входной каскад собран на транзисторах VT1 и VT2 по схеме с ОБ и имеет малое входное сопротивление, а также высокое выходное сопротивление, которое хорошо согласуется с выходным каскадом, собранном на транзисторах VT5—VT8 по схеме с ОК. Узел напряжения смещения транзисторов выходного каскада выполнен по схеме Акулиничева ("Качество звучания при малых уровнях громкости". — Радио, 1979, № 4, с. 26, 27) на транзисторах VT3, VT4 и на резисторах R10 и R11.

Усилитель размещён в корпусе от видеомагнитофона (**рис. 2**, **рис. 3**). Для подключения источника сигнала ЗЧ предусмотрен короткий шнур с вилкой мини-джек и двумя разъёмами "тюльпан". Регулятор громкости — отдельный для каждого канала.

В усилителе можно применить постоянные резисторы МЛТ, переменный — СП-1, СПО, подстроечные — серии СП3. Оксидные конденсаторы — К50-35 или аналогичные импортные, неполярные конденсаторы — керамические или плёночные любого типа малогабаритные. Диоды — любые маломощные кремниевые серии КД522 или 1N4148. Транзистор VT1 — КТ3107А, КТ3107Б, КТ3107И, подойдут и КТ361В, КТ361Д. Транзистор VT2 — КТ3102А, КТ3102Б с коэффициентом передачи тока базы не менее 150. Транзистор VT5 — КТ961Б или КТ646А. Транзистор VT6 — КТ639Б или КТ626А. Транзисторы VT5 и VT6, VT7 и VT8 по возможности желательно подобрать в пары по коэффициенту передачи тока базы. Транзисторы VT7 и VT8 должны быть установлены каждый на отдельном теплоотводе площадью не менее 100 $см^2$ с применением теплопроводящей пасты. Транзистор VT3 надо установить на теплоотводе рядом с транзистором VT7. При этом он должен быть электрически изолирован от теплоотвода. Каждый канал УМЗЧ собран на отдельной плате (**рис. 4**) с контактными площадками с применением навесного монтажа.

Схема блока питания показана на **рис. 5**. Он — однополярный, нестабилизированный. Ёмкость сглаживающего конденсатора (или конденсаторов) должна быть не менее 6000 мкФ на номинальное напряжение не менее 50 В. Он должен быть зашунтирован плёночным конденсатором ёмкостью не менее 0,2 мкФ. Трансформатор Т1 —

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 10, 2022

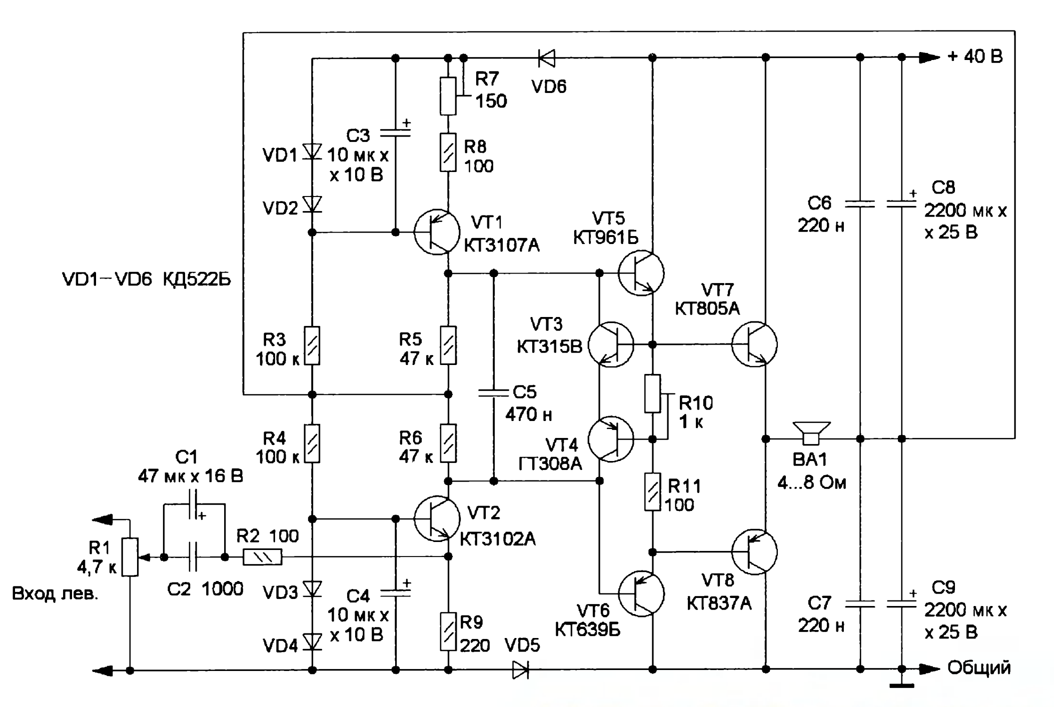



**Рис. 1**

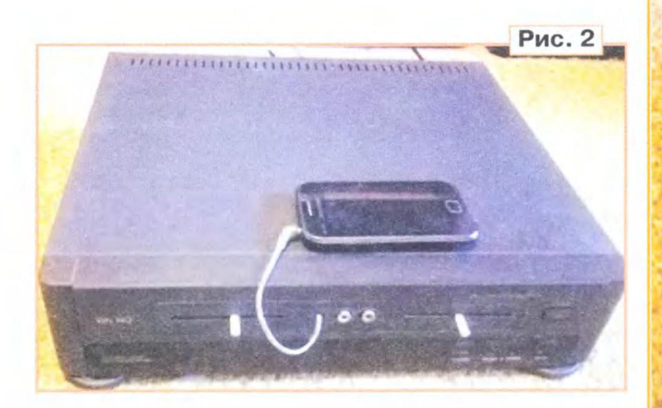
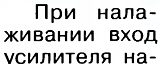


**Рис. 2**

**Рис. 3**

ТСА-70-6, выпрямительные диоды должны быть рассчитаны на ток не менее 5 А и напряжение не менее 100 В.



При налаживании вход усилителя надо закоротить. После сборки надо проверить правильность монтажа, движок резистора R7 установить в среднее положение, а резистора R10 — на минимум сопротивления. При первом включении напряжение питания должно быть около 20 В, в два раза меньше рабочего, чтобы не вышли из строя конденсаторы C8 и C9, а взамен динамической головки надо подключить резистор сопротивлением 8 Ом и мощностью не менее 10 Вт. Если ничего сильно не греется, можно приступить к налаживанию. Резистором R7 на эмиттерах транзисторов VT7 и VT8 надо установить напряжение 10 В, в два раза меньше напряжения питания. Затем подают напряжение питания 40 В и резистором R7 на эмиттерах транзисторов VT7 и VT8 снова устанавливают напряжение, в два



**Рис. 4**

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

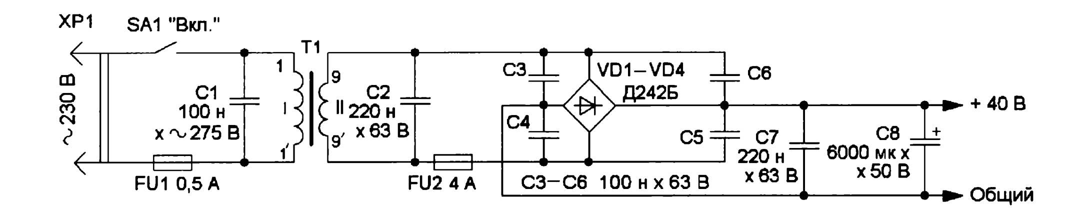



**Рис. 5**

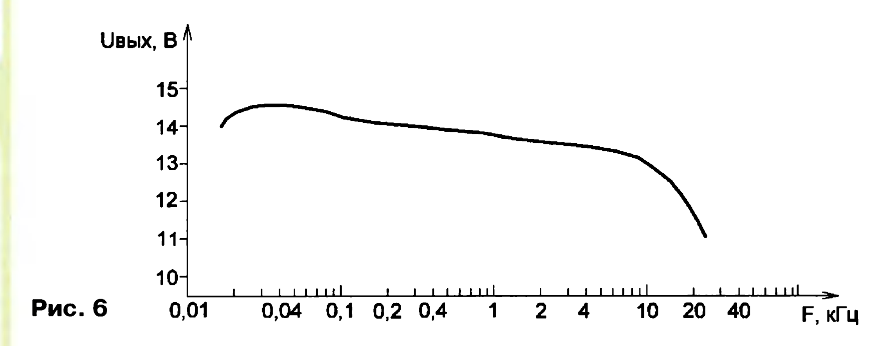



**Рис. 6**

раза меньшее напряжения питания. Резистором R10 устанавливают напряжение база—эмиттер 0,59±0,01 В транзистора VT8. После этого проверяют напряжение на эмиттерах транзисторов VT7 и VT8, оно должно быть в два раза меньше напряжения питания. Если это не так, указанные выше регулировки надо повторить.

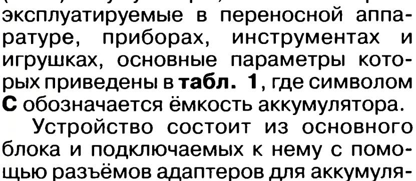
Зависимость выходного напряжения от частоты входного сигнала на нагрузке 8 Ом при входном сигнале 0,3 В приведена на **рис. 6**.

# Универсальное разрядно-зарядное устройство

*А. ДЫМОВ, г. Оренбург*

Это устройство является дальнейшим усовершенствованием зарядного устройства, представленного ранее [1]. Возможности нового варианта несколько расширены по типам обслуживаемых аккумуляторов, устройство выполнено на более современной компонентной базе и предоставляет дополнительные сервисные возможности с отображением на LCD-дисплее текущих параметров и параметров итогового протокола при полном завершении заданного цикла обслуживания.

Устройством охвачены для обслуживания только те аккумуляторы, которые имелись в наличии и в эксплуатации, хотя его возможности позволяют обслуживать более широкую их номенклатуру, что оставляет возможность для дальнейшего усовершенствования устройства. Универсальное разрядно-зарядное устройство охватывает для обслуживания никель-металлгидридные (Ni-Mh), никель-кадмиевые (Ni-Cd), литий-ионные (Li-Ion), литий-полимерные (Li-Po) и литий-железофосфатные (Li-Fe) аккумуляторы, наиболее широко эксплуатируемые в переносной аппаратуре, приборах, инструментах и игрушках, основные параметры которых приведены в **табл. 1**, где символом **С** обозначается ёмкость аккумулятора.



Устройство состоит из основного блока и подключаемых к нему с помощью разъёмов адаптеров для аккумуляторов с конкретными типоразмерами. Изготовление адаптеров не представляет большой сложности, поэтому такое конструктивное решение позволит обслуживать аккумуляторы с широким интервалом типоразмеров и конфигураций корпусов.

Для идентификации каждому адаптеру присвоен уникальный номер, который определяет тип аккумулятора и привязан к конкретному каналу. Номер хранится в EEPROM памяти датчика температуры, который в целях безопасности является обязательным компонентом контроля температуры обслуживаемого аккумулятора. Для каждого

**Таблица 2**

| Номер канала | Выделенные номера под типы аккумуляторов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ni-Mh | Ni-Cd | Li-Po | Li-Ion | Li-Fe |
| 1 | 1—5 | 11—15 | 21—25 | 31—35 | 41—45 |
| 2 | 6—10 | 16—20 | 26—30 | 36—40 | 46—50 |

**Таблица 1**

| Тип аккумулятора | Номинальное напряжение, В | Ток зарядки, А | Ток разрядки, А | Критерий окончания зарядки | Критерий окончания разрядки |
|---|---|---|---|---|---|
| Ni-Mh | 1,2 | 1C | 0,5C | Дельта или полученный заряд ≥ C1,05 | 0,8 В при токе 0,01C или 10 мА |
| Ni-Cd | 1,2 | 1C | 0,5C | Дельта или полученный заряд ≥ C1,05 | 0,8 В при токе 0,01C или 10 мА |
| Li-Po | 3,7 | 0,5C | 0,5C | 4,2 В при токе 0,01C или 10 мА | 3 В при токе 0,01C или 10 мА |
| Li-Ion | 3,6 | 0,5C | 0,5C | 4,2 В при токе 0,01C или 10 мА | 3 В при токе 0,01C или 10 мА |
| Li-Fe | 3,3 | 1C | 1C | 3,65 В при токе 0,01C или 10 мА | 2,4 В при токе 0,01C или 10 мА |

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

канала зарезервировано пять номеров под конкретный тип аккумулятора. Например, Ni-Mh аккумуляторы имеют широкую номенклатуру типоразмеров, таким образом, для одного канала можно изготовить пять адаптеров для различных типоразмеров и столько же для второго канала. Можно изготовить сдвоенные адаптеры для одного типоразмера или одинарные для различных типоразмеров. Выделенные номера для конкретных типов аккумуляторов приведены в **табл. 2**.

Процесс разрядки и зарядки имеет импульсный характер в соответствии с графиком **рис. 1**. Один полный цикл занимает 8,8 с с разделением на 11 тактов длительностью 0,8 с каждый, формируемых микроконтроллером по прерыванию при переполнении ТАЙМЕРА1. С первого по девятый такт осуществляется измерение разрядного/зарядного тока и его суммирование, кроме того, в девятом такте измеряется напряжение аккумулятора под током, и затем разрядный/зарядный ток отключается. В десятом такте измеряется напряжение аккумулятора без тока, вычисляется средний ток за цикл, отданный/полученный аккумулятором заряд за цикл и его суммирование, после определения разности напряжений под током и без него вычисляется внутреннее сопротивление аккумулятора и запускается измерение его температуры. С одиннадцатым тактом один цикл заканчивается и начинается новый цикл разрядки/зарядки.



**Рис. 1**

Использование двух независимых каналов позволяет обслуживать одновременно два аккумулятора, как одинаковых, так и различных типов, с различной ёмкостью и в различных режимах. Тип аккумуляторов, ёмкость и режим обслуживания определяются кнопками управления из соответствующих меню на LCD-дисплее. При необходимости можно отложить запущенный процесс обслуживания и продолжить его в любое удобное время или отменить совсем. В процессе обслуживания аккумулятора возможен выбор и просмотр его текущих параметров на дисплее, где также отображается статус текущего процесса. В зависимости от обстоятельств устройство формирует различные звуковые сигналы, следит за тем, чтобы параметры процесса не выходили за допустимые пределы, и следит за надёжным электрическим контактом с аккумулятором. Кроме того, устройство отслеживает температуру охлаждающего теплоотвода и при необходимости управляет интенсивностью его охлаждения вентилятором.

По окончании заданного режима обслуживания возможен просмотр протокола всех основных параметров разрядки, зарядки или полного процесса разрядка/зарядка. Кроме основного режима обслуживания, устройство имеет дополнительный режим калибровки измерителей напряжения и токов, а также режим тестирования, считывания и маркировки датчиков температуры аккумуляторов в адаптерах.

Для снижения массогабаритных показателей в устройстве используется высокочастотное преобразование в сетевом источнике электропитания и в регуляторе зарядного тока. В качестве источника питания использован доработанный преобразователь напряжения для питания галогенных осветительных ламп (**рис. 2**). В схему преобразователя, которая показана на **рис. 3** (на схеме отсутствует диод VD6), внесены следующие изменения. Низкоомный резистор на входе заменён терморезистором RK1, добавлены сглаживающие конденсаторы C3, C4, добавлены одновитковые обмотки 7—8 трансформатора T2 и 5—6 трансформатора T1 (петля обратной связи с балластными резисторами R10—R13), перемотана вторичная обмотка. Рекомендуется обратиться к более подробному описанию доработки преобразователя, которая была опубликована ранее [2].

Переменное напряжение вторичных обмоток 3—4 и 5—6

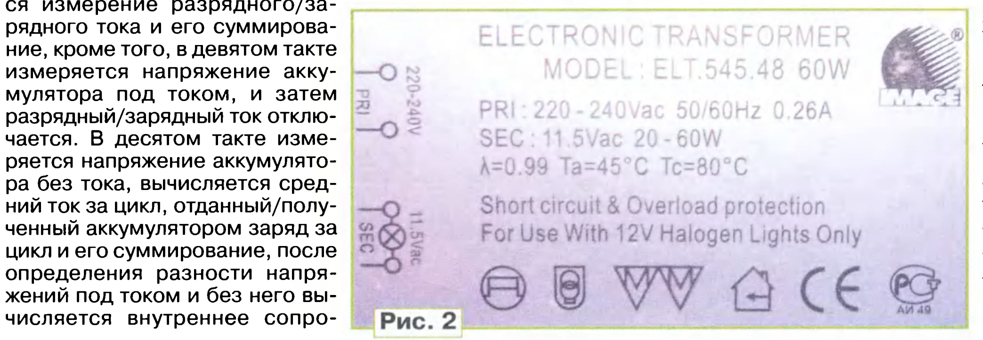


**Рис. 2**

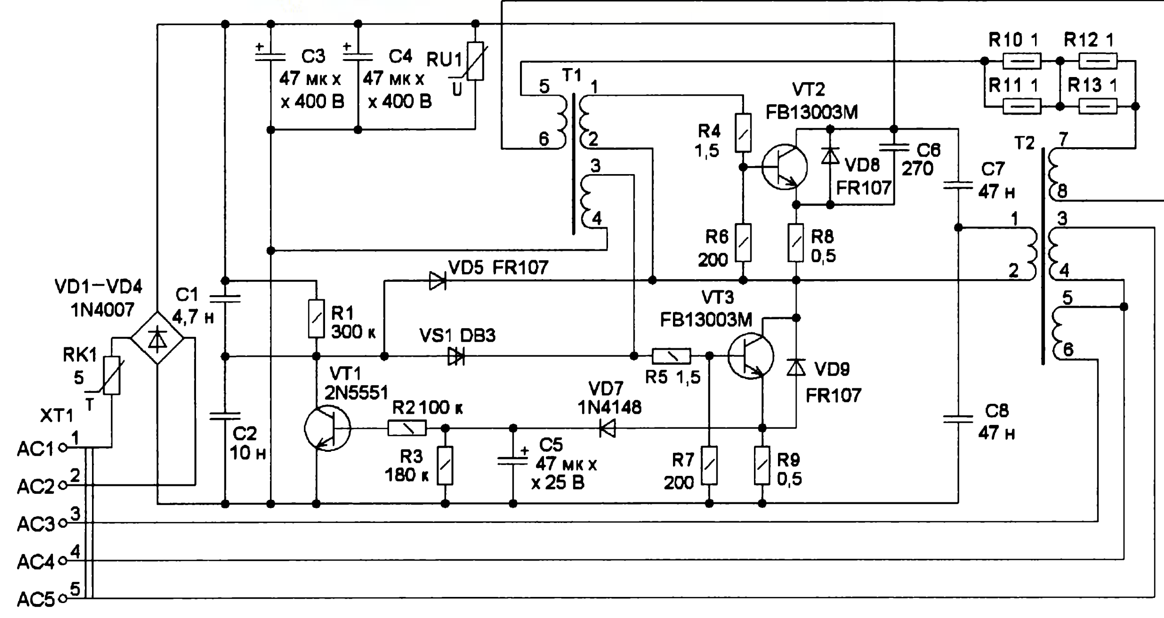


**Рис. 3**

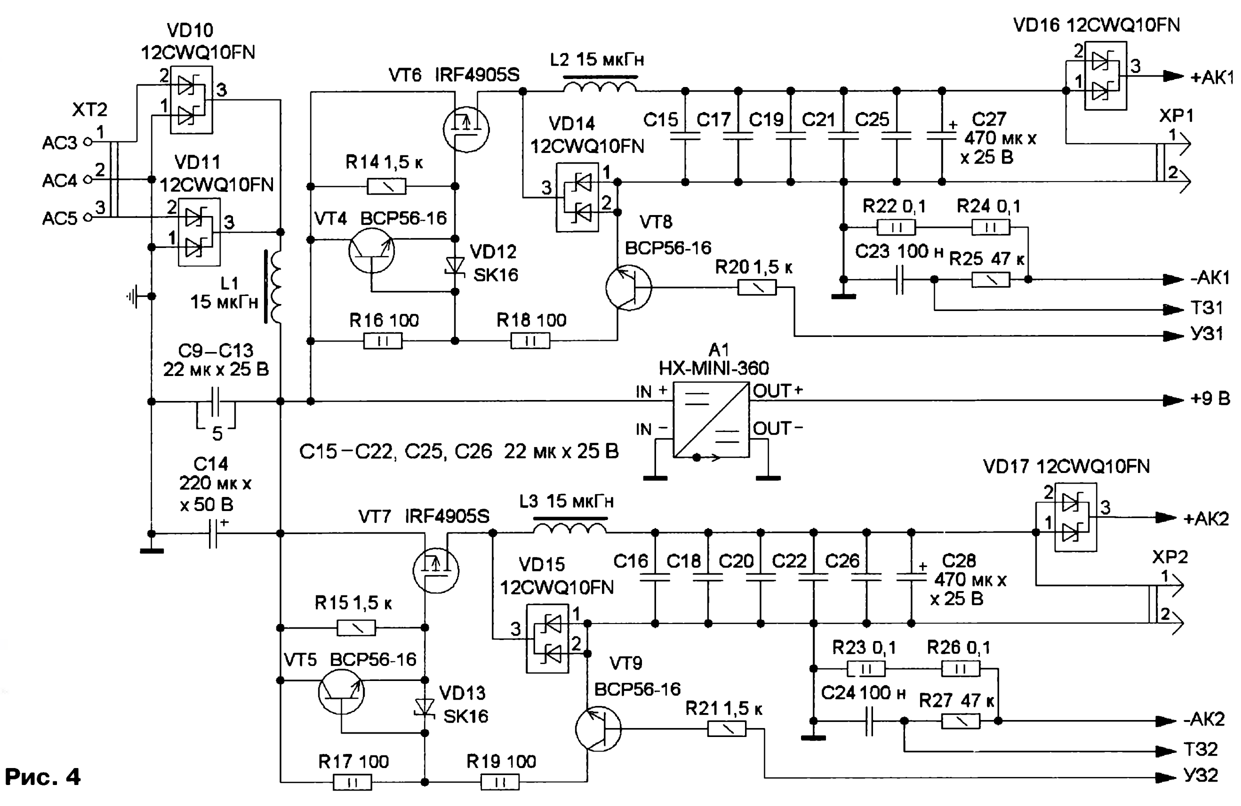



**Рис. 4**

трансформатора Т2 через клеммную колодку ХТ1 поступает на клеммную колодку ХТ2 импульсного двухканального регулятора зарядного тока, схема которого показана на **рис. 4**. Это напряжение выпрямляется двухполупериодным выпрямителем на диодных сборках VD10, VD11, сглаживающий фильтр составляют компоненты L1, C9—C14. Выходное напряжение после фильтра составляет 18...20 В, и для электропитания узлов управления напряжением 9 В используется понижающий преобразователь А1.

Оба канала регулятора зарядного тока управляются сигналами ШИМ-генератора микроконтроллера с постоянной частотой 15625 Гц и изменяемой скважностью ШИМ через резисторы R20, R21. Эти сигналы управляют транзисторными ключами VT8, VT9. Резистивные делители R16—R19 ограничивают напряжение управления полевыми транзисторами VT6, VT7. Когда транзисторы VT8, VT9 открыты, падение напряжения на резисторах R16, R17 через диоды VD12, VD13 открывает силовые транзисторы VT6, VT7. Токи стоков транзисторов через дроссели L2, L3 заряжают накопительные конденсаторы фильтра C15—C22, C25—C28.

При закрывании транзисторов VT8, VT9 открываются транзисторы VT4, VT5, которые форсированно закрывают транзисторы VT6, VT7. Энергия магнитного поля, накопленная магнитопроводами дросселей L2, L3, через диодные сборки VD14, VD15 продолжает поддерживать ток зарядки конденсаторов фильтра.

Резисторы R22—R24, R26 используются для измерения зарядного тока. Падение напряжения на этих резисторах через помехоподавляющие фильтры R25C23 и R27C24 поступает на измерительные входы АЦП микроконтроллера. Диодные сборки VD16, VD17 предназначены для защиты от обратных токов заряжаемых аккумуляторов, которые подключаются к соответствующим разъёмам. Для подключения электронных нагрузок предназначены разъёмы XP1, XP2. Эти нагрузки возьмут на себя зарядный ток регулятора зарядного тока в случаях пропадания электрического контакта с аккумулятором и предотвратят выброс напряжения на их выходах.

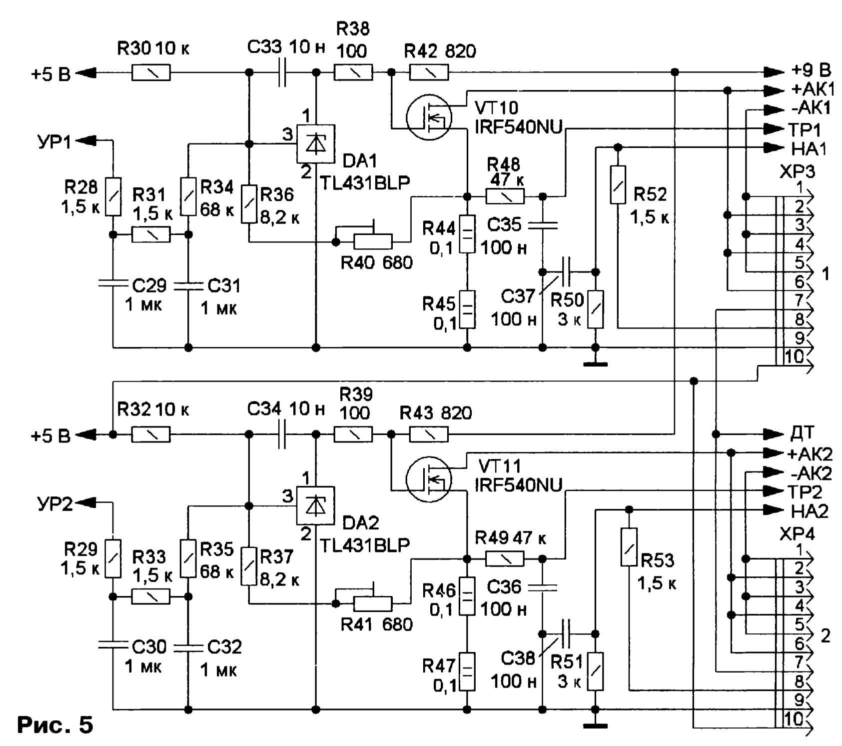



**Рис. 5**

В отличие от импульсного регулятора зарядного тока, в котором транзисторы VT6, VT7 рассеивают относительно малую мощность, регулятор разрядного тока (**рис. 5**) выполняет свою функцию на постоянном токе и соответственно рассеивает большую мощность. Поэто-

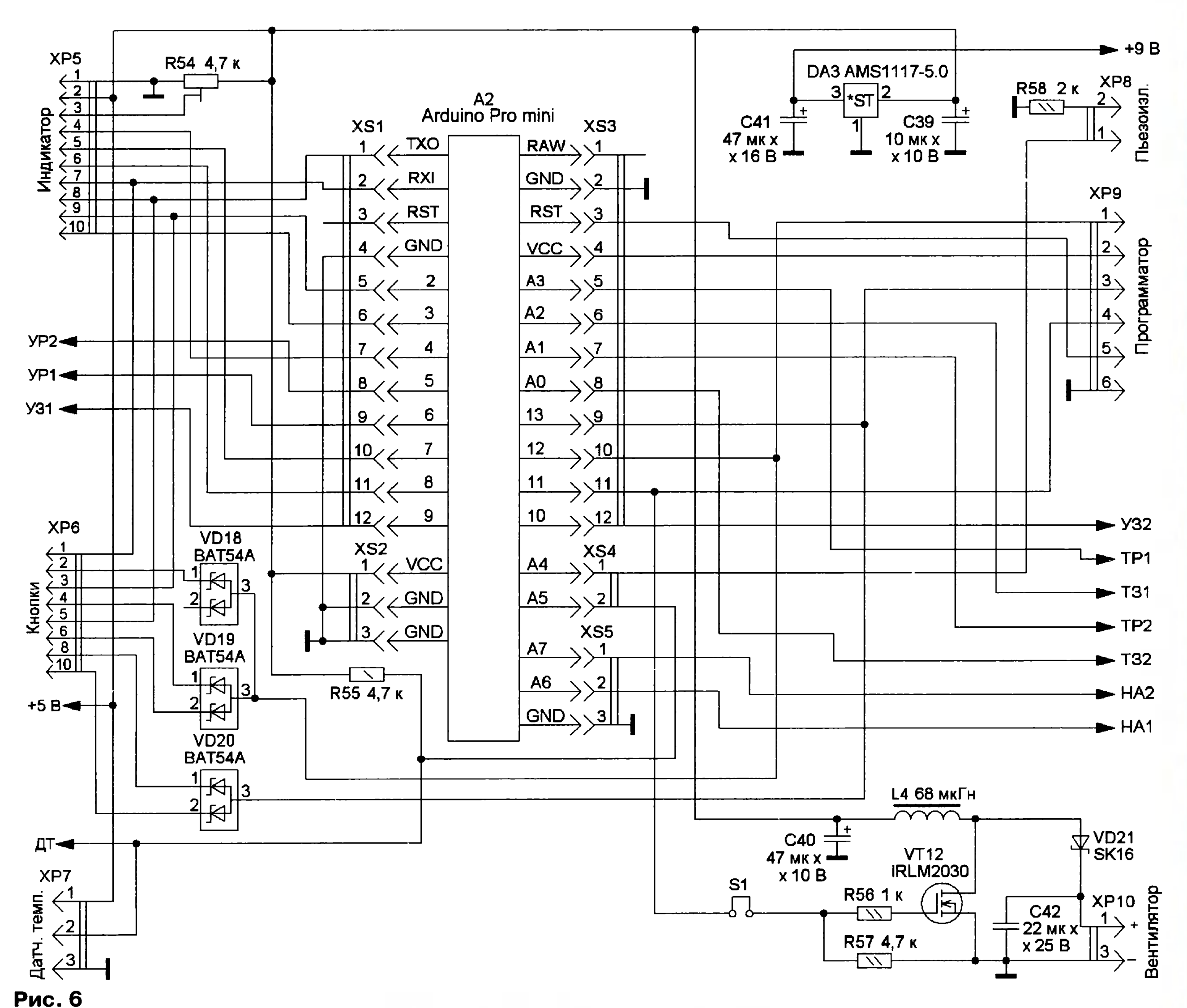



**Рис. 6**

му силовые полевые транзисторы VT10, VT11 размещены на теплоотводе. Управление этими транзисторами осуществляется ШИМ-регуляторами микроконтроллера с частотой 62500 Гц. Разница в управлении разрядного тока от зарядного в том, что ШИМ зарядного тока работает от нулевого уровня, а разрядного тока — от уровня 5 В.

Через два независимых канала ШИМ-сигнал с неизменной частотой и изменяемой скважностью поступает на ФНЧ R28C29R31C31 и R29C30R33C32. Постоянная составляющая напряжения с ФНЧ через резисторы R34, R35 поступает на вход регуляторов тока, выполненных на микросхемах DA1, DA2, которые, управляя токами через резисторы R38, R39, R42, R43, воздействуют на затворы транзисторов VT10, VT11. Обратная связь стабилизатора тока осуществляется с токоизмерительных резисторов R44—R47 через резисторы R36, R37, R40, R41 на управляющие входы (вывод 3) микросхем DA1, DA2. Устойчивость усилителей во всём диапазоне регулировки тока разрядки осуществляется обратной связью через конденсаторы C33, C34. Резисторами

**Рис. 7**

R40, R41 устанавливаются начальные токи регуляторов тока разрядки.

Стоки транзисторов VT10, VT11 через разъёмы XP3, XP4 подключены непосредственно к разряжаемому аккумулятору, а к истокам подключены токоизмерительные резисторы R44—R47. Падение напряжения на них через помехоподавляющие фильтры R48C35 и R49C36 поступает на измерительные входы АЦП микроконтроллера. Делители на резисторах R50—R53 предназначены для ограничения напряжения аккумуляторов при их измерении и совместно с конденсаторами C37, C38 образуют помехоподавляющие фильтры напряжения, поступающего на измерительные входы микроконтроллера. Последовательно с резисторами делителей R52, R53 через разъёмы XP3, XP4 в адаптерах включены дополнительные резисторы для деления напряжения конкретных типов аккумуляторов.

Схема узла управления показана на **рис. 6**. Для управления всеми процессами обслуживания аккумуляторов используется модуль Arduino Pro mini с микроконтроллером ATmega328P, который подключается к основной плате с помо-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

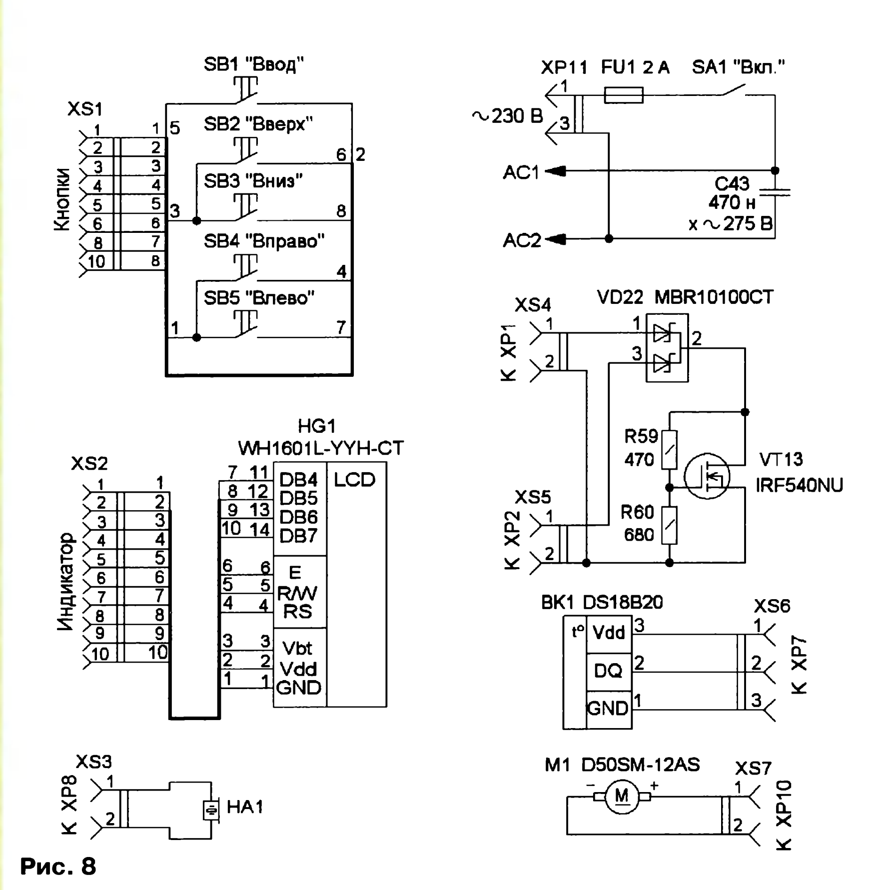
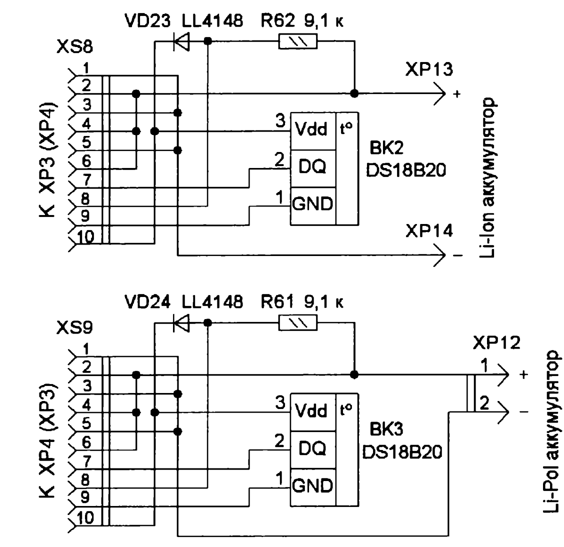



Рис. 8



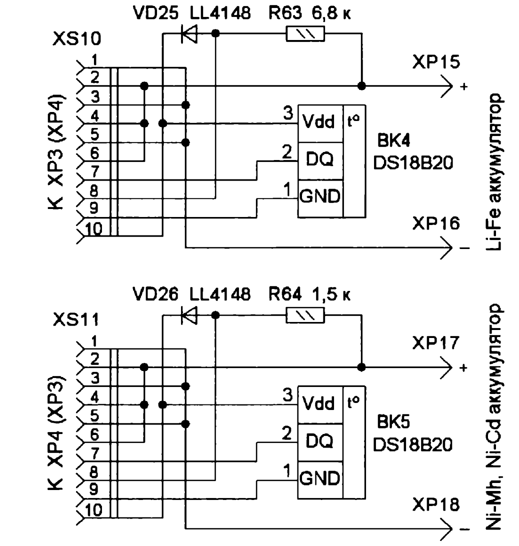




Рис. 9

щью разъёмов (**рис. 7**). Выбор обусловлен конструктивным удобством адаптации к любым устройствам, а кроме того, в микроконтроллере ATmega328P имеется интерфейс debugWIRE, который весьма важен для отладки программ и к тому же не занимает отдельных линий и без того дефицитных портов.

Ограниченное число портов микроконтроллера компенсируется их двойной функцией. Часть портов, предназначенных для связи с LCD-дисплеем, который подключается к разъёму XP5, используется для опроса кнопок управления, которые подключаются к разъёму XP6. Данные опроса кнопок управления после шифратора на диодных сборках VD18—VD20 поступают на линии портов, которые будут использованы для программирования микроконтроллера. После программирования эти порты освобождаются и будут использоваться по своему новому назначению. Ещё один освободившийся порт после программирования используется для управления вентилятором для охлаждения теплоотвода. При этом пришлось использовать перемычку S1, чтобы отключать регулятор управления вентилятором на время программирования.

Для обмена данными с датчиками температуры используется однопроводная шина 1-Wire с нагрузочным резистором R55. Шина подключена к выводу 2 разъёма XP7 для подключения датчика температуры теплоотвода, и далее шина соединена с контактами 7 разъёмов XP3, XP4 для обмена данными с датчиками температуры адаптеров. Для электропитания датчиков температуры, а также платы Arduino, LCD-дисплея и регулятора мощности охлаждающего вентилятора используется стабилизатор DA3 напряжением 5 В. В качестве входного напряжения стабилизатора используется напряжение около 9 В от преобразователя A1.

Для регулятора мощности вентилятора используется повышающий преобразователь напряжения с частотой 62500 Гц на основе транзистора VT12 и дросселя L4. Изменением скважности напряжение на разъёме XP10, к которому подключается вентилятор охлаждения теплоотвода, может изменяться от 5 В до 13,5 В. К разъёму XP8 подключается пьезоизлучатель звуковых сигналов, через разъём XP9 осуществляется загрузка программы в микроконтроллер по интерфейсу SPI. Подстроечный резистор R54 используется для регулировки контрастности изображения LCD-дисплея.

На схеме **рис. 8** показаны схемы подключаемых к основной плате отдельных узлов. Это кнопки управления, LCD-дисплей, пьезоизлучатель звуковых сигналов, сетевой фильтр, электронная нагрузка, датчик температуры теплоотвода и вентилятор охлаждения. На **рис. 9** показаны схемы адаптеров для различных типов аккумуляторов. Схемы адаптеров в основном идентичны, но нужно обратить внимание на различие в сопротивлении резисторов R61—R64, которые входят в делитель напряжения в зависимости от напряжения обслуживаемого аккумулятора. Функция датчиков температуры — отслеживать текущую температуру аккумулятора, диоды VD23—VD26 защищают измерительные входы АЦП микроконтроллера при извлечении аккумулятора.

*(Продолжение следует)*

# Функциональный генератор на МК PIC18F452 и MAX038 (v.1.1)

**_В. ТУРЧАНИНОВ, г. Севастополь_**

***При проведении ряда измерений функциональный генератор, наряду с мультиметром и осциллографом, является обязательным прибором, входящим, пожалуй, в основной необходимый комплекс домашней лаборатории радиолюбителя.***

***Обычно в несложных функциональных генераторах с небольшим частотным диапазоном отсутствуют регулировки скважности прямоугольных импульсов, прямого и обратного хода напряжения пилообразной формы сигнала, нет индикации длительности и частоты выходного сигнала, нет выходного делителя, нет возможности получения частотно- или широтно-импульсного модулированного сигнала.***

***Предлагаемый вниманию читателей прибор свободен от перечисленных недостатков. Прибор собран на цифровых микросхемах и в налаживании практически не нуждается. Собрать его может радиолюбитель средней квалификации.***

Предлагаемый генератор собран на микросхеме MAX038 фирмы MAXIM [1] и микроконтроллере (МК) PIC18F452-I/P [2]. Конечно, его нельзя сравнивать с генераторами на DDS по стабильности частоты, но зато он не имеет шумов квантования. В этом приборе были учтены недостатки ранее разработанных генераторов на MAX038.

Основная функция — генератор частоты синусоидальной, прямоугольной или треугольной форм сигнала.

У этого прибора есть дополнительные функции: частотомер, счётчик видеоимпульсов, тестовый режим, генератор одиночного импульса (таймер), генератор пакета импульсов, генератор псевдослучайных чисел.

Информация выводится на 20-символьный четырёхстрочный ЖКИ FDCC2004B-FLYYBW-51XR [3].

Схема генератора изображена на **рис. 1**. Основа устройства — МК DD2, который управляет всеми узлами, в том числе генератором DD4. МК тактируется импульсами длительностью 100 нс, вырабатываемыми кварцевым генератором, собранным на элементах ZQ1, C2—C4.

Выпрямитель плюсового напряжения выполнен по однополупериодной схеме на диоде VD1 со сглаживающим конденсатором C14. Напряжение питания +5 В стабилизирует микросхема DA1 (LM7805) [4], конденсатор C20 сглаживает пульсации. Конденсаторы C15—C19 — блокировочные по цепи питания +5 В. Выпрямитель минусового напряжения выполнен по однополупериодной схеме на диоде VD2 со сглаживающим конденсатором C21. Стабилизатор напряжения питания 5 В собран на микросхеме DA2 (LM7905) [5], конденсатор C23 сглаживает пульсации. Конденсатор C22 — блокировочный. Подстроечным резистором R25 регулируют яркость подсветки ЖКИ. Подстроечным резистором R21 регулируют контрастность ЖКИ.

Кнопки SB1—SB3 подключены к МК и используются для управления прибором. Резисторы R1—R4 задают высокий уровень на входах МК. На микросхеме DD3 (74HC151N) [6] собран коммутатор входов генератора. Коммутатором управляет МК двоичным кодом с портов RA2 и RD2. Конденсаторы C6—C12 — времязадающие генератора. Коммутацией конденсаторов управляет МК с портов RB4, RD3—RD7. На микросхеме DD1 (74HC132N) [7] собран формирователь фронтов измеряемого сигнала. На микросхеме DD5 (HCF4052BEY) [8] и резисторах R13—R19 собран коммутатор вида модуляции генератора. Резистором R17 регулируют частоту генератора "грубо". Резистором R13 регулируют частоту генератора "плавно". Резистором R14 регулируют скважность импульсов. Сдвоенным резистором R32 плавно регулируют напряжение на выходе OUT генератора.

Резисторы R6 и R7 в этой версии не используются. Они зарезервированы для дальнейшей модернизации прибора. Выводы PDI (вывод 13) и PDO (вывод 12) микросхемы MAX038 в этой версии не используются. Их необходимо соединить с общим проводом.

В приборе применён делитель выходного напряжения генератора. Схема делителя изображена на **рис. 2**.

Резисторы R1—R6 образуют делитель выходного напряжения. Транзисторы VT1—VT3 подают напряжение на реле K1—K3. Транзисторами управляет МК. Применены реле AXICOM SWISS FP2 D3009 (K1—K3) [9]. Их можно заменить на реле РЭС60 исполнения РС4.569.435-03 или РС4.569.435-08. Но у РЭС60 ток в пять раз больше — около 100 мА.

Прибор имеет три многофункциональные кнопки управления:

— включение и выключение функций измерения — START (SB3);

— выбор функции измерений — RANGE (SB1);

— установка параметров — SETTING (SB2).

Выход OUT_TTL имеет уровень TTL. Выходное сопротивление — около 1 кОм.

Прибор имеет два основных выхода: OUT_TTL — цифровой и OUT — аналоговый.

Прибор имеет два основных входа: IN_TTL — цифровой и INPUT — аналоговый.

Дополнительные выходы, которые не подключены к выходным разъёмам:

— выход TX (выход USART) предусмотрен для дальнейшей модернизации прибора;

— вход RX (выход USART) предусмотрен для дальнейшей модернизации прибора;

— выход OUT_TTL1 — цифровой выход микросхемы MAX038. На его выходе сигнал сдвинут на 90 градусов по отношению к выходу OUT_TTL;

— выход OUT_TTL2 — цифровой выход.

## Основные функции

### Основные технические характеристики

Форма сигнала — синусоидальная, прямоугольная и треугольная.

Модуляция внешняя — частотная и широтно-импульсная (управляющий сигнал амплитудой 0...1,5 В переменного напряжения).

Диапазон частот разбит на семь поддиапазонов: 1...10 Гц, 10...100 Гц, 100...1000 Гц, 1...10 кГц, 10...100 кГц, 100...1000 кГц, 1...10 МГц.

Перекрытие по диапазону — 10 %.

Амплитуда выходного напряжения (синусоидального, прямоугольного или треугольного) — 1 В.

Период обновления индикации — 1 с.

Независимая регулировка частоты и скважности выходного сигнала.

Два вида внешней модуляции (четыре положения коммутатора):

M-ON — в этом режиме производится внутренняя регулировка частоты (грубо и плавно) и скважности импульсов генератора;

M-FM — в этом режиме производится внешняя модуляция частоты генератора. Органами управления устанавливают частоту грубо и скважность импульсов генератора;

M-CPP — в этом режиме производится внешняя модуляция скважностью импульсов (широтно-импульсная модуляция) генератора. Органами управления устанавливают частоту генератора грубо и плавно;



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

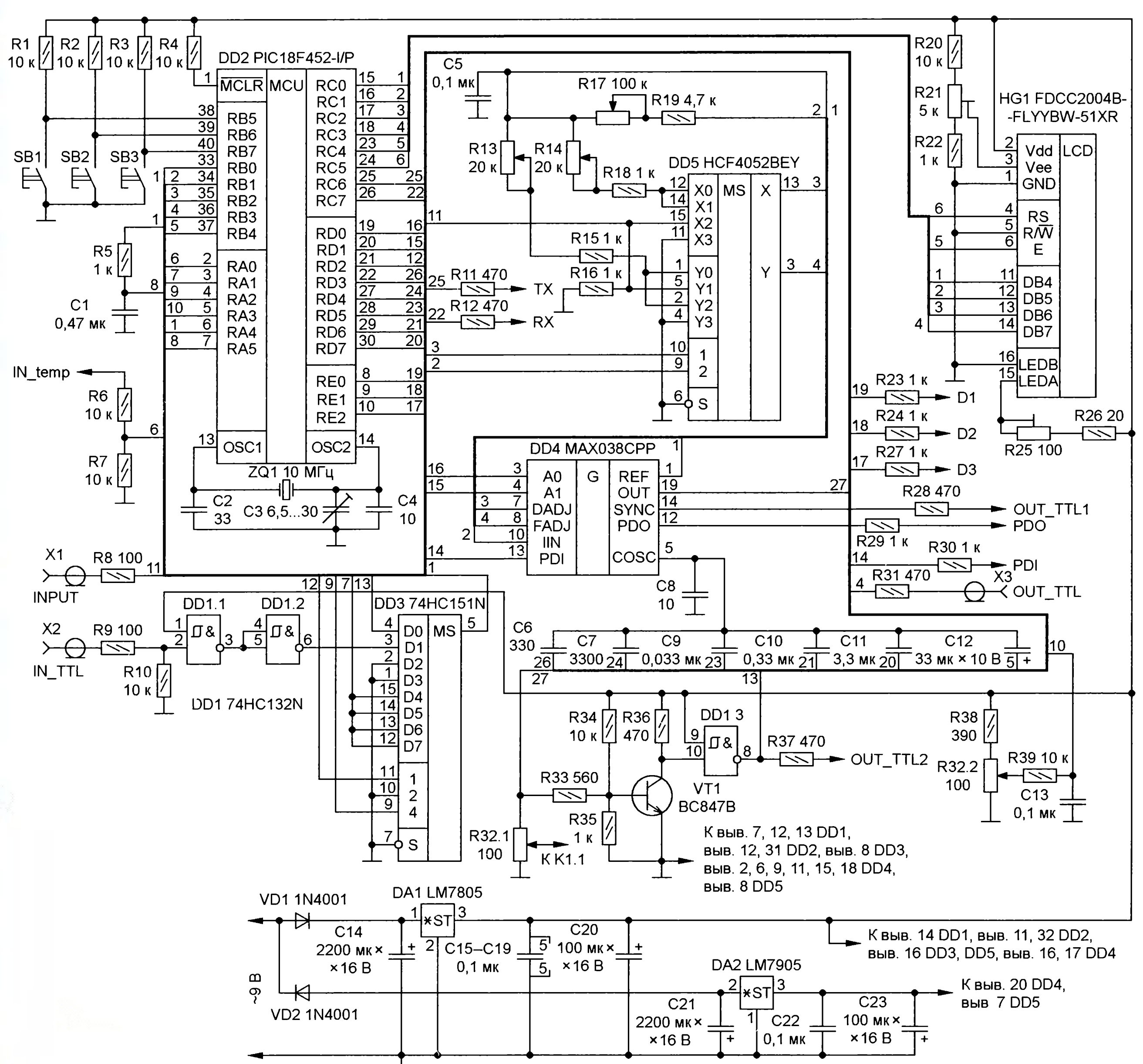



**Рис. 1**

M-OFF — в этом режиме на выходе генератора импульсы со скважностью два. Органами управления устанавливают частоту грубо и плавно.

Плавная регулировка выходного напряжения.

Выходной аттенюатор имеет восемь положений ослабления выходного сигнала: 0 дБ, −10 дБ, −20 дБ, −30 дБ, −40 дБ, −50 дБ, −60 дБ и −70 дБ.

Цифровая индикация частоты и длительности импульсов выходного сигнала.

Энергонезависимая память на последние установки (при отключении прибора все установки сохраняются в энергонезависимой памяти).

Напряжение питания переменного тока — 9 В.

Потребляемый ток — не более 200 мА.

## Дополнительные функции

Тестовый режим: на выходе OUT_TTL формируются прямоугольные импульсы с частотой 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц и уровнем TTL. Погрешность не превышает 0,001 %.

Таймер: на выходе OUT_TTL формируется прямоугольный импульс длительностью от 1 мкс до 100 с с шагом установки 1 мкс (в интервале до 10 мс), 10 мкс (в интервале до 100 мс), 100 мкс (в интервале до 1 с), 1 мс (в интервале до 10 с) и 10 мс (в интервале до 100 с). Импульс может быть сформирован лог. 1 (H) или лог. 0 (L). Запуск таймера может быть ручной или внешним импульсом по входу IN_TTL. При внешнем запуске есть возможность сделать задержку запуска в пределах 5 мкс...10 с по фронту синхроимпульса на входе IN_TTL. Задержка запуска имеет два интервала: 5 мкс...10 мс (шаг установки 1 мкс) и 0...10 с (шаг установки 1 мс).

Генератор пакета импульсов: на выходе OUT_TTL формируется пакет прямоугольных импульсов длительностью от 3 мкс до 65535 мкс, паузой между импульсами от 3 мкс до 65535 мкс и числом импульсов от 1 до 65535. Дискретность установки: для длительности импульса — 1 мкс, для числа импульсов — 1 импульс. В этом режиме прибор может работать как генератор непрерывных импульсов. Для этого необходимо установить число импульсов, равное нулю ($N_p$=0).

Генератор импульсов с псевдослучайной последовательностью: на выходе OUT_TTL формируются прямоугольные импульсы с псевдослучайной последовательностью.

Диапазон измерения частоты (цифровой вход IN_TTL) — 1 Гц...50 МГц

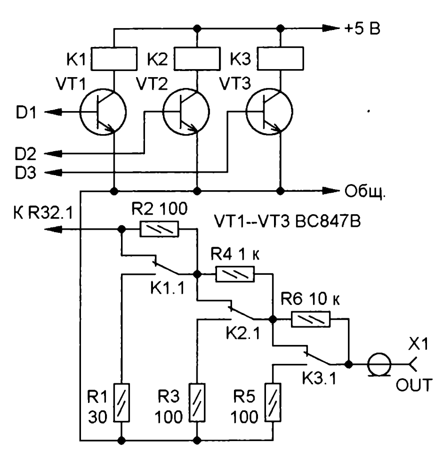



**Рис. 2**

уровня TTL. Погрешность измерения частоты в диапазоне 1 Гц...10 кГц не превышает 0,001 %, в диапазоне 10 кГц...1 МГц не превышает ±1 Гц, в диапазоне частот свыше 1 МГц не превышает 0,001 %.

Интервал измерения длительности импульсов лог. 1 и лог. 0 — 1 мкс...1 с (по входу IN_TTL при входной частоте до 10 кГц). Погрешность измерения — ±1 мкс.

Интервал измерения длительности импульсов лог. 1 и лог. 0 — 10 нс...100 мкс (по входу IN_TTL при входной частоте от 10 кГц до 50 МГц). Погрешность измерения в интервале 10...1000 нс — ±5 нс, в интервале 1...100 мкс не превышает 5 %.

Производит счёт импульсов (цифровой вход IN_TTL) в интервале от 1 до 108 при длительности входного импульса более 10 нс и паузы между импульсами более 10 нс.

Микросхема MAX038 — высокочастотная прецизионная, позволяющая генерировать треугольные, пилообразные, синусоидальные, прямоугольные и импульсные сигналы с минимумом внешних компонентов. Выходная частота может регулироваться в диапазоне частот от 0,1 Гц до 20 МГц при подключённых внешних резисторе и конденсаторе. Скважность можно варьировать в широком интервале, подавая управляющий сигнал ±2,4 В, облегчающий широтно-импульсную модуляцию и генерацию пилообразных сигналов. Частотная модуляция и частотная генерация достигаются таким же образом. Регулировки скважности и частоты независимы друг от друга. Синусоидальную, прямоугольную или треугольную формы сигнала можно выбрать, установив соответствующий код на двух TTL-совместимых контактах выбора. Выходной сигнал для всех случаев симметричен относительно общего провода. Выход с низким импедансом допускает ток до ±20 мА. TTL-совместимый выход SYNC от внутреннего генератора поддерживает коэффициент заполнения 50 % (скважность равна двум), независимо от коэффициента заполнения других сигналов — для синхронизации других устройств в системе. Внутренний генератор может синхронизироваться внешними генераторами уровней TTL, подключёнными к входу PDI.

Частоту и скважность можно независимо регулировать путём программирования тока, напряжения или сопротивления. Необходимую форму выходного сигнала выбирают установкой соответствующего кода на входах A0 и A1. Микросхема работоспособна при напряжении питания ±5 В ±5 %. Основной внутренний генератор представляет собой релаксационный генератор, который работает, попеременно заряжая и разряжая постоянным током внешний конденсатор, одновременно формируя треугольный и прямоугольный сигналы. Зарядные и разрядные токи управляются током, втекающим по входу IIN, и могут модулироваться напряжениями по входам FADJ и DADJ. Ток в IIN может быть варьироваться от 2 до 750 мкА, при этом формируется более двух декад частоты для любого значения ёмкости внешнего конденсатора. Напряжение ±2,4 В на входе FADJ изменяет номинальную частоту на ±70 %. Это можно использовать для точного управления частотой. Коэффициент заполнения можно регулировать от 10 до 90 % подачей напряжения ±2,3 В на вход DADJ. Это напряжение изменяет соотношение зарядного и разрядного токов при сохранении почти постоянной частоты.

Стабильное образцовое напряжение 2,5 В на выходе REF, поступающее на входы IIN, FADJ или DADJ через переменные резисторы, позволяет регулировать параметры выходного сигнала генератора. Входы FADJ и/или DADJ можно соединить с общим проводом, создав номинальную частоту с коэффициентом заполнения 50 %. Выходная частота обратно пропорциональна ёмкости внешнего конденсатора. Ёмкость может быть выбрана для получения частоты выше 20 МГц. Треугольный сигнал внутреннего генератора преобразует внутренние узлы в синусоиду с низким уровнем искажений и с постоянной амплитудой. Выходной усилитель выдаёт постоянную амплитуду (±1 В) независимо от формы сигнала и частоты. Треугольный сигнал также поступает на компаратор, который формирует прямоугольный сигнал SYNC, который может использоваться для синхронизации других генераторов. Узел синхронизации имеет отдельные выводы питания и может быть отключён. Во внутреннем генераторе формируются два прямоугольных квадратурных сигнала, они поступают на один вход фазового детектора, построенного по схеме "исключающее ИЛИ". Другой вход фазового детектора (вход PDI) можно подключить к внешнему генератору. Выход фазового детектора (PDO) — источник тока, может быть подключён непосредственно к входу FADJ для синхронизации MAX038 с внешним генератором. Переключение формы сигнала может быть выполнено в любое время без пропуска по фазе. Происходит переключение в пределах 0,3 мкс, но может быть небольшой переходный процесс в выходном сигнале длительностью 0,5 мкс. Выходная частота определяется током, поступающим по входу IIN, ёмкостью конденсатора, подключённого между выводом COSC и общим проводом, и напряжением на выводе FADJ.

Оптимальная работа микросхемы достигается при токе по входу IIN в интервале между 10 и 400 мкА, хотя хорошая линейность достигается от 2 до 750 мкА. Токи за пределами этого интервала не рекомендуются. Для работы на фиксированной частоте устанавливают ток примерно 100 мкА и выбирают подходящее значение ёмкости конденсатора. При таком токе температурный коэффициент имеет наименьшее значение и при изменении коэффициента заполнения имеет наименьший сдвиг частоты. Ёмкость конденсатора может варьироваться от 20 пФ до более 100 мкФ, но паразитная ёмкость цепи должна быть сведена к минимуму с помощью коротких проводников. Частота выше 20 МГц возможна, но тогда искажение сигнала увеличивается. Низшая частота ограничена утечкой конденсатора, подключённого к выводу COSC, и требуемой точностью выходной частоты. Работа на самой низкой частоте с хорошей стабильностью обычно достигается с неполярным конденсатором ёмкостью 10 мкФ или более.

Микросхемой по входу IIN можно управлять либо от источника тока ($I_{IN}$), либо напряжением ($V_{IN}$) с включённым последовательно с источником резистором ($R_{IN}$). Резистор, включённый между выводами REF и IIN, обеспечивает ток входа $I_{IN} = V_{REF}/R_{IN}$. Когда частота сигнала управляется напряжением от источника с последовательно включённым постоянным резистором, выходная частота прямо пропорциональна напряжению. Например, используя резистор сопротивлением 10 кОм и изменяя напряжение от 20 мВ до 7,5 В, можно получить большой диапазон изменения частоты, до 375. Сопротивление резистора выбирают так, чтобы ток входа IIN оставался в интервале от 2 до 750 мкА. Полоса пропускания усилителя управления по входу IIN, которая ограничивает модулирующую частоту сигнала, как правило, 2 МГц. Вход IIN можно использовать в качестве точки суммирования для добавления или вычитания токов от нескольких источников. Это позволяет получить частоту в виде функции от суммы нескольких переменных. Когда напряжение приближается к 0 В, ошибка увеличивается из-за напряжения смещения входа IIN. Выходная частота будет смещена на 1 % от её конечного значения в течение 10 с после включения питания.

Выходная частота может быть модулирована по входу FADJ, который предназначен, в основном, для точной регулировки частоты обычно внутри контуров фазовой автоподстройки частоты. Когда центральная частота установлена током по входу IIN, можно подстроить частоту, подав на вход FADJ напряжение, отличное от 0 В. Это напряжение может быть в интервале от −2,4 В до +2,4 В, что приводит к изменению частоты от 1,7 до 0,3 от исходного значения при отсутствии напряжения на входе FADJ. Напряжение за пределами интервала ±2,4 В может вызвать нестабильность или привести к уходу частоты в обратную сторону.


Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Внутри микросхемы к выводу FADJ подключён источник постоянного тока 250 мкА, который обеспечивается источником напряжения питания микросхемы минусовой полярности. Как правило, источник входного сигнала вывода FADJ — выход операционного усилителя, в этом случае температурный коэффициент источника тока становится неважным. Если же для регулирования частоты применён переменный резистор, тогда температурный коэффициент источника тока имеет значение.

Управление по входу FADJ добавляет небольшой температурный коэффициент к выходной частоте. Для критически важных случаев этот вход можно отключить, подключив вывод FADJ к общему проводу через резистор сопротивлением 10 кОм. Температурная стабильность улучшается, однако частота генератора удваивается. Хотя этот метод удваивает выходную частоту, он не удваивает её верхний предел. Нельзя оставлять вход FADJ свободным или подавать на него напряжение менее –3,5 В. Это может вызвать насыщение транзистора внутри микросхемы, что приведёт к нежелательным изменениям частоты и скважности.

Выходную частоту генератора можно изменять, подавая различные сигналы на IIN или FADJ. Вход IIN имеет более широкий интервал, незначительно более медленный отклик, более низкий температурный коэффициент и требуется источник тока одной полярности. Вход FADJ может быть использован, когда диапазон изменения менее ±70 % от центральной частоты, он подходит для фазовой автоподстройки частоты.

Выход OUT микросхемы DD4 имеет выходное сопротивление менее 0,1 Ом и допустимый ток до ±20 мА с ёмкостной нагрузкой до 50 пФ. Необходимо развязать более высокую выходную ёмкость от выхода OUT с помощью резистора сопротивлением 50 Ом или буферного усилителя. Образцовое напряжение на выводе REF — это стабильный источник напряжения 2,5 В с допустимым вытекающим током 4 мА или втекающим 100 мкА. В основном это свойство используется для подачи стабильного тока на вход IIN или для получения напряжения смещения на входах DADJ и FADJ. Он также может быть использован для других внешних устройств по отношению к MAX038. К выводу REF подключают конденсатор ёмкостью 0,1 мкФ для минимизации пульсаций.

Выход синхронизации SYNC — это TTL/CMOS-совместимый выход, который можно использовать для синхронизации внешних цепей. На этом выходе формируется прямоугольный сигнал, фронт которого совпадает с выходным нарастающим синусоидальным или треугольным сигналом, когда мгновенное напряжение равно нулю. Когда выбран прямоугольный сигнал, нарастающий фронт сигнала на выходе SYNC происходит в середине выходного сигнала, опережая его на 90 градусов. Коэффициент заполнения фиксируется на уровне 50 % и не зависит от управления по входу DADJ.

Правильный выбор резисторов и конденсаторов для MAX038 обеспечивает стабильную выходную частоту. Резисторы должны быть металлоплёночные с допуском 1 % или меньше. Конденсаторы следует выбирать по минимальному ТКЕ во всём температурном интервале. Подходят керамические конденсаторы с ТКЕ NPO. Напряжение на выводе COSC имеет треугольную форму, оно изменяется в пределах от 0 до 1 В. Полярные конденсаторы обычно не рекомендуются из-за их высокой температурной зависимости и токов утечки, но если они используются, минусовый вывод должен быть подключён к выводу COSC, а плюсовой — к общему проводу. Конденсаторы, применяемые для формирования сигналов очень низких частот, необходимо выбирать особенно тщательно, поскольку большая утечка тока может влиять на процессы зарядки и разрядки конденсатора. Если возможно, для такой частоты необходимо использовать малые токи по входу IIN, чтобы уменьшить ёмкость конденсатора.

Для реализации полной производительности MAX038 требуется особое внимание к цепям питания. Необходимо использовать общий провод с низким импедансом и подключить все пять контактов общего провода микросхемы напрямую к нему. Плюсовую и минусовую линии питания следует блокировать керамическими конденсаторами ёмкостью 1 мкФ или танталовыми конденсаторами ёмкостью 1 мкФ и параллельно им включёнными керамическими ёмкостью 1 нФ на общий провод. Выводы конденсаторов должны быть короткими (особенно керамического ёмкостью 1 нФ) для минимизации последовательной индуктивности. Если используется выход SYNC, выводы питания 16 (DV+) и 17 (V+) должны быть соединены, вывод 15 (DGND) должен быть соединён с общим проводом, а конденсатор ёмкостью 1 нФ должен быть подключён как можно ближе к микросхеме, между DV+ и DGND (выводами 16 и 15). Если выход SYNC отключён, вывод DV+ остаётся свободным. Необходимо минимизировать площадь печатных проводников вокруг вывода COSC и общего провода для уменьшения паразитной ёмкости и окружить этот проводник общим проводом, чтобы предотвратить связь с другими сигналами. Аналогичные меры применяются и для входов DADJ, FADJ и IIN. Внешний конденсатор размещают так, чтобы его подключение к общему проводу находилось рядом с выводом 6 (GND).

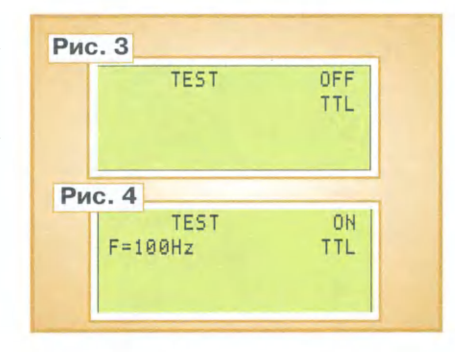
## Работа прибора в режиме TEST

В этом режиме на выходе OUT_TTL присутствует сигнал с частотой следования импульсов 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц (**рис. 3**). Выбор частоты производится нажатием на кнопку RANGE при включённом режиме. Пример индикации ЖКИ в режиме TEST для частоты 100 кГц приведён на **рис. 4**.

Установка частоты прямоугольного сигнала в режиме TEST:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию TEST;




— к выходу OUT_TTL подключают исследуемое устройство;

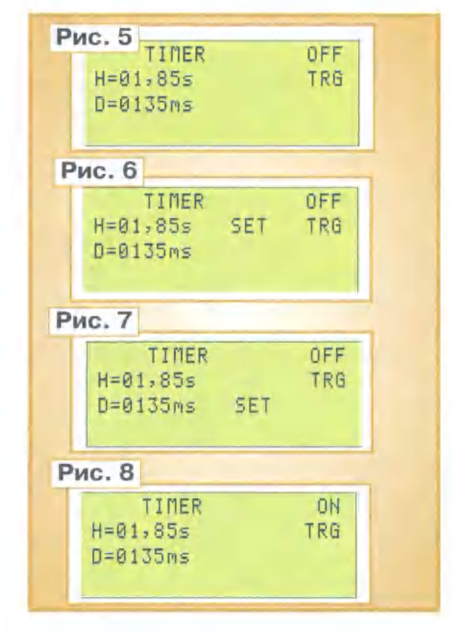
— нажатием на кнопку START включают функцию TEST;

— кнопкой RANGE выбирают необходимую частоту сигнала (1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц) на выходе OUT_TTL;

— нажатием на кнопку START выключают генератор.

## Работа прибора в режиме генератора одиночного импульса TIMER

В этом режиме на выходе OUT_TTL формируется прямоугольный импульс длительностью от 1 мкс до 99,999 мс с шагом установки 1 мкс, длительностью от 10 мкс до 999,99 мс с шагом установки 10 мкс, длительностью от 100 мкс до 9,9999 с с шагом установки 100 мкс и длительностью от 1 мс до 99,999 с с шагом установки 1 мс (**рис. 5**). Выбор интервала производится кратковременным нажатием на кнопку SETTING. Длительным нажатием на кнопку START входят в режим установки длительности. Установка длительности импульса производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING (**рис. 6**). Длительным нажатием на кнопку START в этом режиме можно выставить импульс как логического нуля, так и логической единицы. Выходят из режима установки длительности кратковременным нажатием на кнопку START. В режиме внеш-



него запуска можно выставить задержку запуска (**рис. 7**). Длительным нажатием на кнопку SETTING устанавливают внешний запуск.

Запуск производится кратковременным нажатием на кнопку START или по нарастающему перепаду запускающего синхроимпульса на входе IN_TTL, если выбрана функция внешнего запуска TRG (**рис. 8**).

Установка длительности импульса в режиме TIMER:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию TIMER;

— к выходу OUT_TTL подключают исследуемое устройство;

— кратковременным нажатием на кнопку SETTING выбирают множитель;

— длительным нажатием на кнопку SETTING выбирают запуск таймера (надписи нет — ручной, TRG — запуск по фронту внешнего импульса);

— длительным нажатием на кнопку START входят в режим установок;

— длительным нажатием на кнопку START выбирают импульс на выходе (H — лог. 1, L — лог. 0);

— нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимую длительность импульса;

— кратковременным нажатием на кнопку START входят в режим установок задержки запуска (при включённом внешнем запуске TRG);

— длительным нажатием на кнопку START выбирают время задержки (микросекунды — мкс или миллисекунды — мс);

— нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимую длительность задержки;

— кратковременным нажатием на кнопку START выходят из режима установок;

— кратковременным нажатием на кнопку START запускают таймер.

### Работа прибора в режиме генератора пакета импульсов GEN PULS

В этом режиме на выходе OUT_TTL формируются прямоугольные импульсы длительностью от 3 до 65535 мкс, паузой между импульсами от 3 до 65535 мкс и числом импульсов от 1 до 65535 (**рис. 9**). Выбор параметра производится в режиме установок SETTING (**рис. 10**). Установка параметра производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING. Запуск производится кратковременным нажатием на кнопку START или по нарастающему перепаду запускающего синхроимпульса на входе IN_TTL, если выбрана функция внешнего запуска TRG. В этом режиме прибор может работать и как генератор непрерывных импульсов. Для этого необходимо установить число импульсов, равное нулю (Np=0).

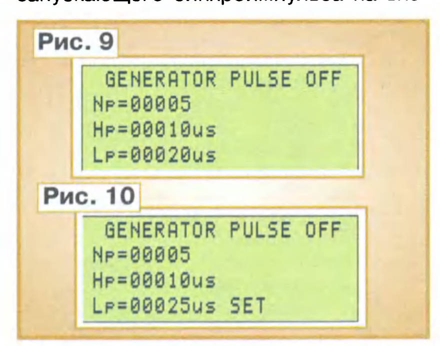


Рис. 9

Рис. 10

Установка импульсов в режиме GEN PULS:

— включают питание прибора;

— к выходу OUT_TTL подключают исследуемое устройство;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию GEN PULS;

— нажатием на кнопку SETTING выбирают запуск генератора (надписи нет — ручной, TRG — запуск по фронту внешнего импульса);

— длительным нажатием на кнопку START входят в режим установок;

— нажатием на кнопку START выбирают параметр, который необходимо установить ($N_p$ — число импульсов в пакете, $H_p$ — длительность импульса в микросекундах и $L_p$ — длительность паузы между импульсами в микросекундах). Рядом с выбранным параметром индицируется надпись SET;

— нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимое значение параметра;

— нажатием на кнопку START переходят на установку следующего параметра и устанавливают аналогично. После установки всех трёх параметров выходят из режима установок;

— запуск функции GEN PULS производится кратковременным нажатием на кнопку START.

### Работа прибора в режиме генератора псевдослучайных чисел GEN NOIS

В этом режиме на выходе OUT_TTL формируются прямоугольные импульсы с псевдослучайной последовательностью. Включение и выключение производятся кратковременными нажатиями на кнопку START.

Индикация ЖКИ в режиме GEN NOIS имеет вид, показанный на **рис. 11**.

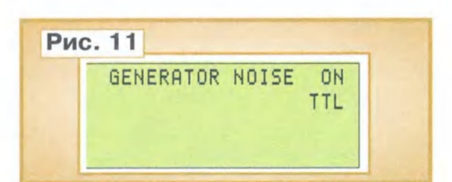


Рис. 11

Запуск генератора колебаний псевдослучайной последовательности в режиме GEN NOIS:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию GEN NOIS;

— к выходу OUT_TTL подключают исследуемое устройство;

— нажатием на кнопку START запускают функцию GEN NOIS;

— нажатием на кнопку START отключают генератор.

### Функциональный генератор

Нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию FUNCTIONAL GENERATOR (**рис. 12**). Нажатием на кнопку SETTING устанавливают необходимый тип модуляции, например ЧМ (**рис. 13**). Нажатием на кнопку START включают генератор (**рис. 14**, **рис. 15**). Нажатием на кнопку RANGE (при включённом генераторе) выбирают необходимый частотный диапазон. Нажатием на кнопку SETTING (при включённом генераторе) выбирают необходимую форму сигнала на выходе генератора.

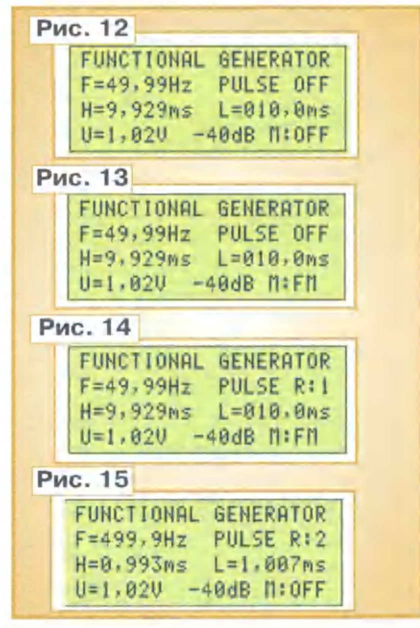


Рис. 12

Рис. 13

Рис. 14

Рис. 15

Установка функционального генератора частоты сигнала:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию FUNCTIONAL GENERATOR;

— нажатием на кнопку SETTING выбирают необходимую модуляцию сигнала на выходе генератора;

— нажатием на кнопку START производят включение генератора частоты;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают необходимый диапазон;

— нажатием на кнопку SETTING выбирают необходимую форму сигнала на выходе генератора;

— нажатием на кнопку START выбирают необходимое ослабление сигнала на выходе;

— длительным нажатием на кнопку START выходят из функции генератора частоты.

### Измерение частоты и длительности импульсов периодического сигнала

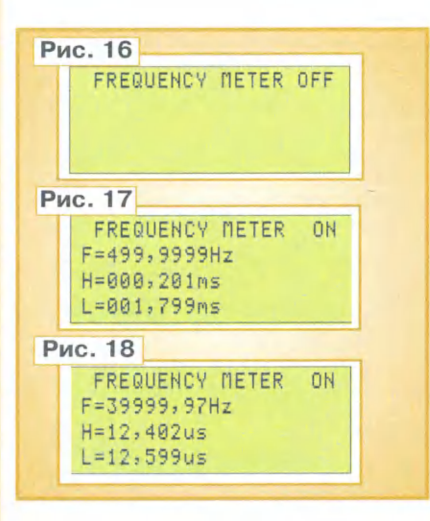
При измерении параметров цифрового TTL-сигнала кнопкой RANGE выбирают функцию FREQUENCY METER (**рис. 16**). Индикация низкочастотного сигнала (в данном случае F=500 Гц и скважность 10) имеет вид, приведённый на **рис. 17**. Индикация при F=40 кГц и скважности 2 имеет вид, показанный на **рис. 18**.

Измерение параметров сигнала с TTL-уровнем:

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию измерения — FREQUENCY;

— на вход IN_TTL подают сигнал с уровнем TTL;

РАДИО®
ИЗМЕРЕНИЯ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

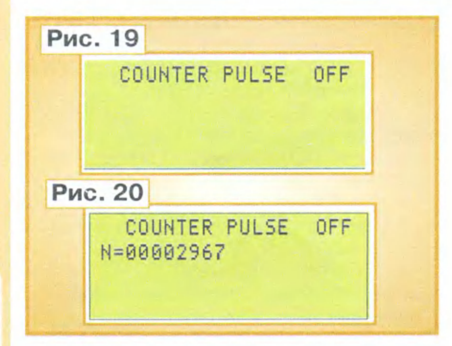



— нажатием на кнопку START включают и выключают измерения;

— проводят измерения.

### Счётчик видеоимпульсов

Счётчик видеоимпульсов работает так. Выбирают функцию COUNTER PULSE (**рис. 19**). Подают на вход IN_TTL сигнал. При включении функции COUNTER PULSE-ON прибор производит подсчёт поступивших на его вход импульсов, но на ЖКИ отображается значение предыдущего измерения. После отключения функции COUNTER PULSE-OFF прибор прекращает подсчёт импульсов, поступающих на вход, и отображает результат измерения на экран ЖКИ (**рис. 20**).




Счёт импульсов:

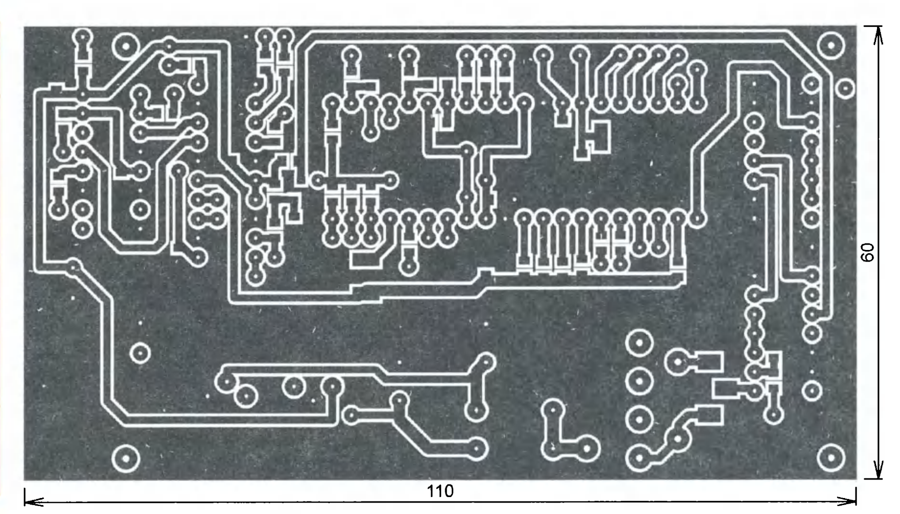
— нажатием на кнопку RANGE выбирают счётчик импульсов — COUNTER PULSE;

— на вход IN_TTL подают сигнал;

— нажатием на кнопку START запускают и отключают счётчик импульсов;

— для видеоимпульсов результат счёта индицируется после отключения и сохраняется до следующего отключения.

Устройство собрано на печатной плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж платы показан на **рис. 21**, расположение элементов — на **рис. 22**. На одной стороне размещены все микросхемы, диоды, оксидные конденсаторы C14, C20, C21, C23, блокировочные конденсаторы C15, C16, C22, подстроечные резисторы и резисторы R20, R22,



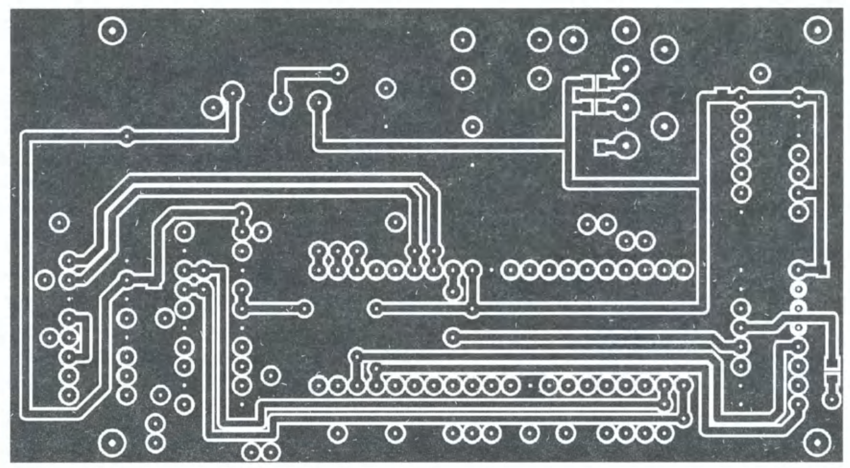



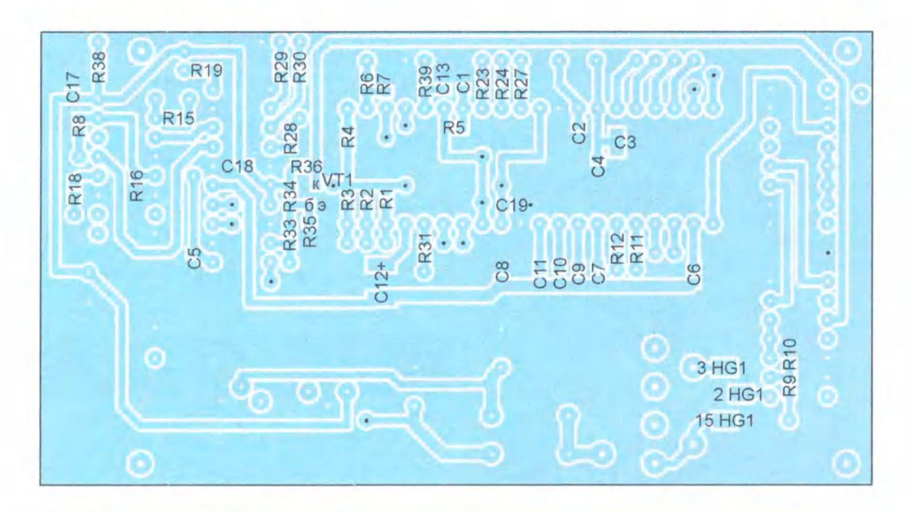
**Рис. 21**

R26. Остальные детали расположены на противоположной стороне. В отверстия, обозначенные чёрными точками, вставляют отрезки лужёного провода и припаивают их с обеих сторон платы. LCD-индикатор прикрепляют к плате четырьмя винтами М3. В генераторе применены переменные резисторы 16K1-B20K-L15KC (R13, R14), 16K1-B100K-L15KC (R17), 16K2-B100-L15KC (R32), подстроечные — SH-655MCL (R21, R25), подстроечный конденсатор TZC3P300A110R00 (C3), оксидные конденсаторы Hitano EHP (C14, C20, C21, C23), танталовый конденсатор для поверхностного монтажа (C12), остальные резисторы и конденсаторы — для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Кварцевый резонатор ZQ1 — HC49S, кнопки — TS-A3PG-130, разъёмы — 24_BNC-50-2-20/133_NE. МК запрограммирован программатором ChipProg-40. МК установлен в панель DIP40, микросхема MAX038 также установлена в панель DIP20.

Делитель собран на печатной плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж платы показан на **рис. 23**, расположение элементов — на **рис. 24**. На одной стороне платы размещены реле, остальные детали расположены на противоположной стороне.

Налаживание генератора начинают с установления подстроечным резистором R21 необходимой контрастности изображения на дисплее ЖКИ, а подстроечным резистором R25 — необходимой яркости подсветки. Затем подстроечным конденсатором C3 устанавливают частоту МК, равную 10 МГц. После этого подбирают ёмкость конденсаторов C6—C12, чтобы обеспечить перекрытие по диапазонам.

Прибор размещён в пластмассовом корпусе Z-33. Переднюю фальшпанель, эскиз которой показан на **рис. 25**, распечатывают на лазерном принтере, лезвием вырезают прямоугольник размерами 90×40 мм для экрана ЖКИ. Далее ламинируют и вырезают фальшпанель размерами 170×115 мм. Приклеивают фальшпанель к корпусу цианоакрилатным клеем. Сверлят четыре отверстия диаметром 3 мм под кнопки. Кнопки устанавливают на фольгированном стеклотекстолите толщиной 1,5 мм и размерами 100×12 мм, который закрепляют в корпусе двумя винтами М3 по краям. Между платой с кнопками и корпусом на винты устанавливают алюминиевые втулки. Длина втулки определяется из расчёта, чтобы шток кнопки выступал на 0,5...1 мм над поверхностью корпу-



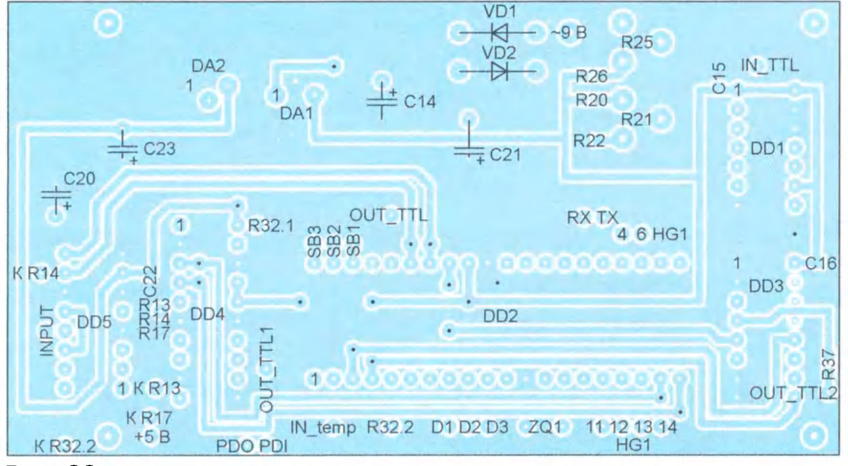




**Рис. 22**

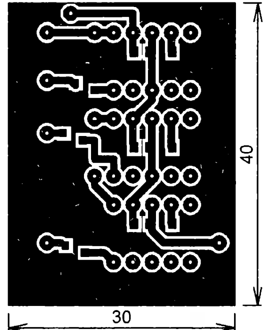



**Рис. 23**

са. Кнопка SYNCHR в этом варианте устройства не используется. Она предназначена для дальнейшей модификации.

С внутренней стороны корпуса для крепления ВЧ-разъёмов лучше всего поставить стальную пластину размерами 120×20 мм и толщиной 1 мм. Это предотвратит проворачивание ВЧ-гнезда при подключении ВЧ-кабеля при эксплуатации прибора.

Стабилизаторы питания (микросхемы DA1 и DA2) устанавливают на теплоотводе размерами 90×35 мм, изготовленном из листового алюминия толщиной 1,5 мм. Прикрепляют микросхемы к теплоотводу винтами М3. Между микросхемой и теплоотводом устанавливают теплопроводящую электроизоляционную прокладку с нанесённой с двух сторон теплопроводной пастой.

С боковой стороны прибора установлены четыре коаксиальных ВЧ-разъёма и гнездо питания. ВЧ-разъёмы соединены с платой 50-омным экранированным кабелем. Центральную жилу кабеля подключают к соответствующей контактной площадке, оплётку — к общему проводу на плате.

Внешний вид прибора показан на **рис. 26**.

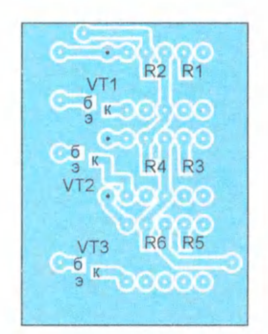
ЛИТЕРАТУРА

1. MAX038 High-Frequency Wapeform Generator. — URL: **https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=16&ved=0ahUKEwiM9ZmGyuTJAhVHk3IKHaCwC6M4ChAWCEUwBQ&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffile.PostFileLoader.html%3Fid%3D567142796225ff232c8b4569%26assetKey%3DAS%253A307240123207686%25401450263161688&usg=AFQjCNHF7dYr_st87GUxiicnRMATBwpnkg&bvm=bv.110151844,d.bGQ&cad=rjt** (20.08.22).

2. PIC18FXX2 Data Sheet High-Performance, Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D. — URL: **https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/295/PIC18F452-I_P-pdf.php** (20.08.22).

3. LCD MODULE COB (Chip On Board) SERIES. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/011/DOC004011992.pdf** (20.08.22).

4. LM78XX/LM78XXA 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator. — URL: **http://hades.mech.northwestern.edu/images/6/6c/LM7805.pdf** (20.08.22).



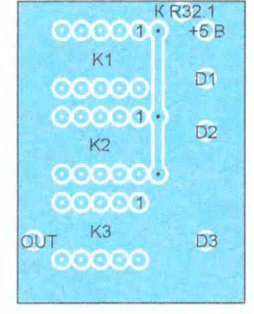




**Рис. 24**

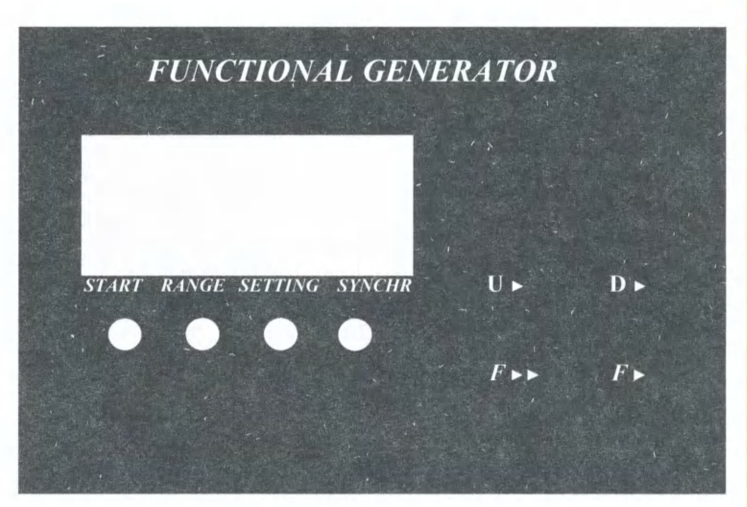



**Рис. 25**

РАДИО®
ИЗМЕРЕНИЯ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 10, 2022




Рис. 26

5. LM79XX Series 3-Terminal Negative Regulators. — URL: **https://www.ti.com/lit/ds/snosbq7c/snosbq7c.pdf** (20.08.22).

6. 74HC151; 74HCT151 8-input multiplexer. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/866/DOC000866877.pdf** (20.08.22).

7. 74HC132; 74HCT132 Quad 2-input NAND Schmitt trigger. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/428/DOC005428549.pdf** (20.08.22).

8. HCF4052B DIFFERENT 4-CHANNEL ANALOG MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/235/DOC000235792.pdf** (20.08.22).

9. FP2 Relay. — URL: **https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Specification+Or+Standard%7F108-98005%7FL%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_SS_108-98005_L.pdf%7F1-1462033-3** (20.08.22).

***От редакции**. Файл для программирования и чертежи печатных плат находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/10/funk_gen.zip** на нашем ftp-сервере.*



# Встраиваемый аналоговый НЧ-частотомер

*А. КОРНЕВ, г. Одесса, Украина*

Частотомер, схема которого приведена на **рисунке**, может быть использован в качестве цифровой шкалы для какого-либо устройства, например, для лабораторного генератора звуковой частоты, для контроля удалённых аналоговых датчиков, где измеряемый параметр преобразуется в частоту импульсов для передачи на расстоянии и т. д.

Диапазон измерения частотомера — 1...10000 Гц. При желании его можно расширить, применив на входе делитель частоты, например, микросхему 74HC390, в составе которой два десятичных счётчика. Уровень входного сигнала — ТТЛ/КМОП. Опять же, чувствительность тоже можно увеличить, подключив к входу усилитель-формирователь с триггером Шмитта. Описаний такого рода схем достаточно много в Интернете.

В основе частотомера применена микросхема преобразователя частоты в напряжение DA2 (LM331N), включённая по схеме обратного преобразования — частоты в напряжение (LM231A/LM231/LM331A/LM331 Precision Voltage-to-Frequency Converters. — URL: **ece-classes.usc.edu/ee459/library/datasheets/LM331.pdf**). Нелинейность преобразования не превышает 0,06 %, причём её можно уменьшить до 0,01 %, подключив к выходу двухполюсный НЧ-фильтр на операционном усилителе. Характеристика преобразования определяется по формуле

$$U_{OUT} = 2{,}09\,F\,\frac{R9}{(R3 + R4)}\,R1 \cdot C3;$$

сопротивление резистора R6 рассчитывают по формуле

$$R6 = \frac{VDD - 2\,В}{0{,}2\,мА}.$$

Питание частотомера +12 В обеспечивает повышающий DC/DC преобразователь DA1 (LT1930ES5). Для измерения выходного напряжения используется 4,5-разрядный встраиваемый цифровой вольтметр SM5DF-DV20.

Налаживание частотомера сводится к следующему. На вход от генератора подают эталонную частоту, например 1 кГц. Затем подстроечным резистором R4 добиваются показаний уровня напряжения на выходе — 1000 мВ.

Конденсатор C3 должен быть плёночным серий К73-9, К73-11, К73-17 или аналогичным импортным с допуском 5 %, остальные конденсаторы — керамические. Резисторы R1, R7, R8 должны иметь допуск не более 1 %, остальные резисторы — с допуском 5 %.

# Ещё о ремонте светодиодных ламп

*А. ПАНЬШИН, г. Москва*

За последние годы в радиолюбительской литературе было много статей о ремонте сетевых светодиодных ламп, в которых в основном описаны способы замены светодиодов и светодиодных матриц (далее — светодиодов) с разборкой ламп и с использованием аппаратуры для нижнего подогрева плат или различных фенов. В этой статье предлагается ещё один простой способ замены светодиодов (как правило, типоразмера 2835) без полной разборки лампы, с использованием двух паяльников: одного — мощностью 65 Вт (ЭПСН), второго — мощностью 25 Вт.

После снятия рассеивателя неисправный светодиод определяют любым доступным методом, затем его частями удаляют с платы разогретым мощным паяльником и очищают плату от его остатков, а освободившиеся контактные площадки облуживают (**рис. 1**). Из-за хорошего теплоотвода металлического основания платы эти действия ей не вредят, но всё равно делать это надо аккуратно. А вот припаять светодиодную матрицу к плате паяльником, не повредив светодиодов, практически невозможно без разборки лампы.

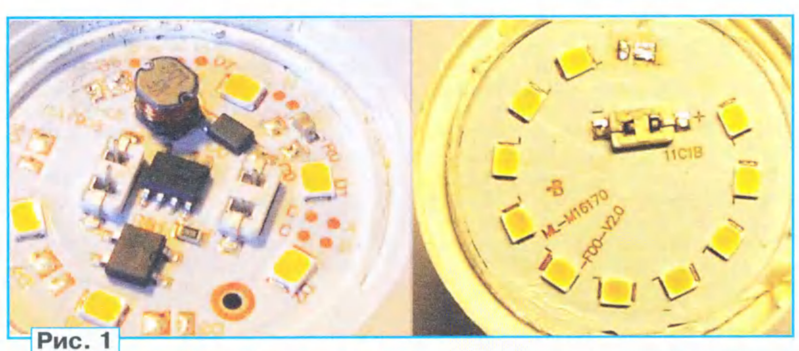


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

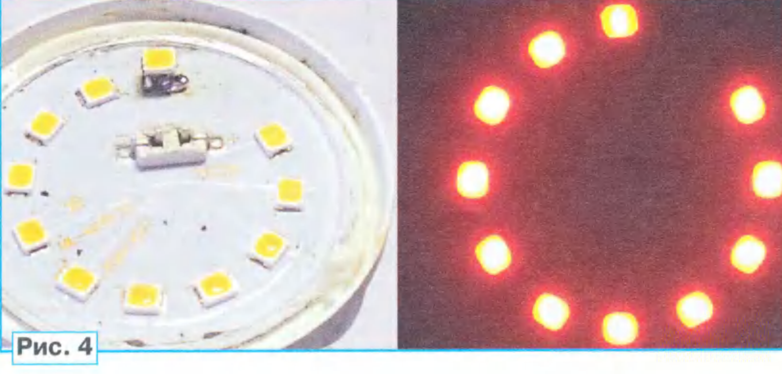


Рис. 4

Поэтому светодиоды предлагается монтировать на металлических стойках. Для этого на контактные площадки платы паяльником мощностью 65 Вт припаивают отрезки лужёного медного провода диаметром 0,5...0,6 мм. Можно использовать провод, скрученный из более тонких жил, он будет более гибкий. Припаянные провода загибают перпендикулярно плате и отрезают на расстоянии 7 мм от неё (**рис. 2**).

Подходящий по номинальному напряжению исправный светодиод, соблюдая полярность, припаивают к стойкам платы паяльником мощностью 25 Вт. Места пайки стоек на плате при этом не разрушаются. Светодиод при его пайке к стойке держат пинцетом, предварительно отогнув другую стойку в сторону. Затем отогнутую стойку ставят на место и припаивают второй вывод матрицы. Припаянный и остывший светодиод осторожно пригибают к плате излучающей стороной вверх (**рис. 3**). При пайке светодиодов и сгибании стоек необходимо исключить крутящие и боковые усилия на контактные площадки матрицы, из-за чего те легко отламываются.

После прозвонки установленной матрицы лампу включают в сеть переменного тока 230 В (**рис. 4**). На отремонтированную лампу устанавливают пластмассовый рассеиватель, если он держится ненадёжно, следует применить клей. Продолжительность работы ламп после такого ремонта — от нескольких дней до нескольких месяцев. Несколько раз разбирал лампы, повторно вышедшие из строя. В них сгорали не заменённые ранее светодиоды. Это значит, что температурный режим светодиодных матриц, установленных на платы при ремонте на стойках, был удовлетворительным.

Светодиоды для замены можно взять из неисправных однотипных ламп. Для этого лампу полностью разбирают. Плату отсоединяют и, взяв зажимом или пинцетом, нагревают над газовой горелкой. Припой на плате начинает плавиться, и когда детали становятся подвижными, деревянным шпателем их смахивают с платы в заранее приготовленную тару. После остывания светодиоды прозванивают и отбирают исправные.

В современных лампах встречается несколько типов светодиодных матриц на номинальное напряжение от 5,5 В до 36 В в зависимости от числа интегрированных в них светодиодов. Внешне они не имеют существенных отличий. Чтобы не было локального перегрева матриц, в лампе они должны быть однотипными. Ставить в лампу матрицы на большее напряжение, чем у матриц, которые в ней уже установлены, нежелательно. ■



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

# Искатель скрытой проводки

*В. КРАВЦОВ, г. Новороссийск Краснодарского края*

При проведении ремонтно-строительных работ в бытовых и в производственных помещениях часто требуется определить скрыто проложенные в стенах кабели или металлические трубы. Промышленные приборы, позволяющие это сделать, достаточно дороги и не доступны рядовому потребителю. В Интернете можно найти множество схем искателей скрытой проводки, принцип работы большинства которых основан на обнаружении наводки с помощью ёмкостного датчика (приёмной антенны), нагруженного на усилитель с большим входным сопротивлением. Из-за наличия небольшой проводимости бетонных стен и растекания зарядов по их поверхности точно локализовать место расположения проводника внутри стены бывает затруднительно. В дорогих промышленных приборах используется принцип обнаружения по электромагнитному полю, который позволяет более точно определить скрытые проводники в любых стенах (кроме сплошных стальных) и на большой глубине.

Принцип работы искателя основан на обнаружении электромагнитного поля вокруг проводника с током, что позволяет определить его месторасположение с точностью до 5 мм на небольшой глубине или с меньшей точностью на большей глубине. Он содержит генератор сигнала прерывистой частоты 2,5 кГц и приёмник с датчиком электромагнитного поля. Для поиска скрыто проложенной проводки или металлических труб, арматуры и т. д. необходимо иметь доступ к их концам. Сигнальный выход генератора подключают к одному из проводников кабеля или арматуры, а общий провод — отдельным проводником, проложенным в стороне, к дальнему концу. Приёмником производят поиск по появлению в головных телефонах прерывистого звукового сигнала частотой 2,5 кГц. Регулируя чувствительность (усиление) приёмника, добиваются точной локализации проводника.

На **рис. 1** показана схема генератора искателя скрытой проводки. Для формирования необходимого сигнала используются таймеры DA1 и DA2. На первом из них собран генератор прямоугольных импульсов с частотой следования 2,5 Гц. На втором таймере собран генератор импульсов с частотой 2,5 кГц. Сигнал первого генератора модулирует сигнал второго, так формируется прерывистый сигнал звуковой частоты, который усиливается транзисторами VT1—VT3. Элементы VD1, VD2, C5 предназначены для защиты элементов генератора при случайном попадании на выход сетевого напряжения. Если такая ситуация, в принципе, невозможна, эти элементы можно исключить. Светодиод HL1 предназначен для индикации нормальной работы генератора.

Питание генератора осуществляется от любого подходящего источника питания с выходным постоянным напряжением 12 В и током до 1 А, например, сетевого адаптера или аккумуляторной батареи. Можно применить сетевой адаптер с выходным переменным напряжением 9 В и током до 1 А.

Чертёж печатной платы и схема размещения элементов генератора показаны на **рис. 2**. Плата изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Можно применить таймеры КР1006ВИ1, транзистор VT1 — любой маломощный, например, серий КТ3102, КТ315 (цоколёвка другая). Полевые транзисторы VT2, VT3 использованы от неисправной материнской платы компьютера. Резисторы — МЛТ, С2-3, оксидный конденсатор — К50-35, конденсатор C5 — серии К73-17, остальные — К10-17. Светодиод может быть любого свечения, диод

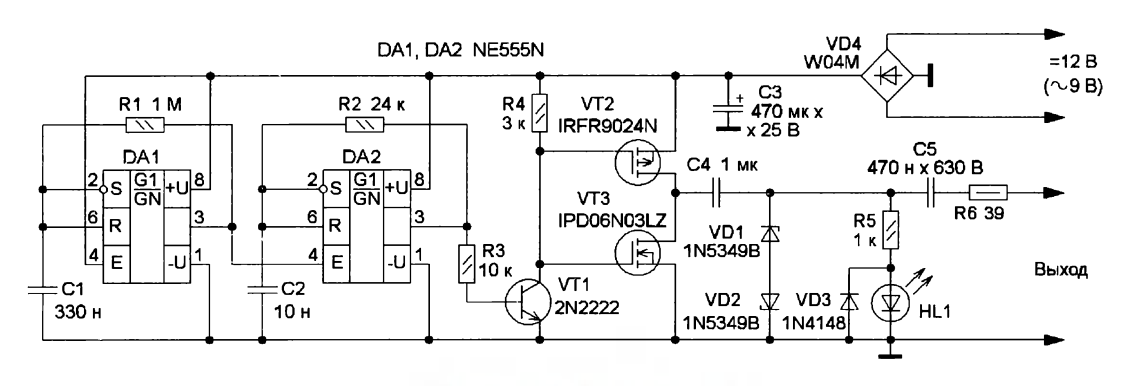



Рис. 1

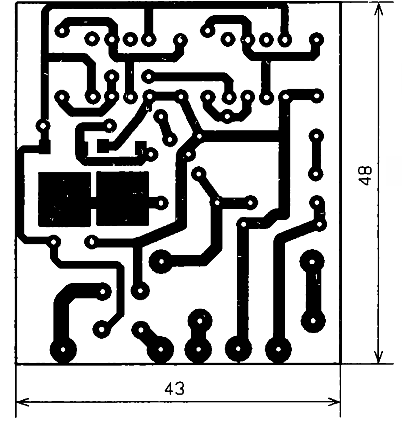



Рис. 2

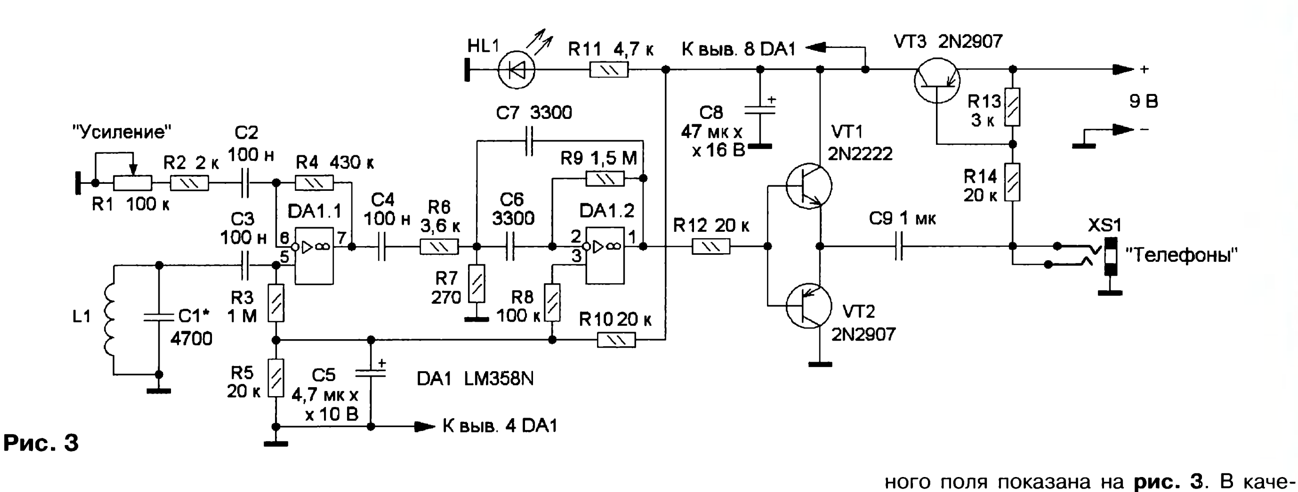



Рис. 3

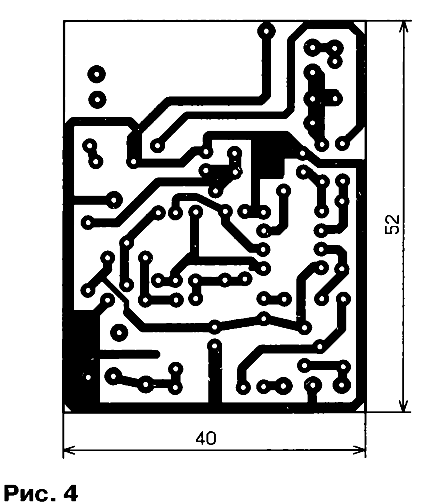



Рис. 4

VD3 — любой маломощный импульсный или выпрямительный, стабилитроны — на напряжение 12...15 В. В качестве корпуса использована пластмассовая коробка размерами 55×50×25 мм.

Схема приёмника электромагнитного поля показана на **рис. 3**. В качестве датчика электромагнитного поля L1 используется герконовое реле РГК15, точнее его обмотка, которая не имеет стального экрана. Здесь подойдёт реле с обмоткой на номинальное напряжение 24 В или 27 В (измеренное сопротивление обмотки — 2520 Ом, индуктивность — 760 мГн). Конденсатор C1 предназначен для настройки этой катушки в резонанс на частоте 2,5 кГц. Усилитель сигнала выполнен на ОУ DA1.1, чувствительность (усиление) которого можно регулировать с помощью переменного резистора R1. Усиленный сигнал поступает на узкополосный полосовой фильтр на ОУ DA1.2, имеющий центральную полосу пропускания 2,5 кГц. С выхода фильтра сигнал



Рис. 5




Рис. 6

поступает на усилитель для головных телефонов (наушников). Транзистор VT3 предназначен для автоматического включения приёмника при подключении головных телефонов. Когда они подключены, постоянный ток через резистор R14 поступает в базу транзистора VT3, он открывается и подаёт питающее напряжение на остальные узлы приёмника. Питается приёмник от батареи 6F22 "Крона" напряжением 9 В, потребляемый ток в режиме поиска не превышает 3 мА.

Чертёж печатной платы приёмника показан на **рис. 4**. Можно применить подходящие маломощные сдвоенные ОУ общего назначения с малым потребляемым током, например серии КР1446УД11. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-23, переменный — СП3-16Б или СПО-0,15, оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, остальные — К10-17. Светодиод может быть любого цвета свечения, гнездо XS1 — аудиостереоразъём ST-214N или аналогичный. В качестве датчика электромагнитного поля можно использовать подходящие катушки от других малогабаритных реле с незамкнутым магнитопроводом, имеющих большую индуктивность. В этом случае требуется подобрать ёмкость конденсатора C1, чтобы колебательный контур L1C1 имел резонанс на частоте 2,5 кГц.

В авторском варианте плата приёмника и батарея питания размещены в корпусе от старого пульта телевизора. При поиске скрытого проводника корпус располагают продольно по направлению трассы. Наиболее сильный сигнал прослушивается при расположении проводника перпендикулярно оси и по центру приёмной катушки, поэтому на корпусе можно сделать соответствующую риску. Очень важно общий провод от генератора к дальнему концу проводника разместить в стороне от места поиска, так как при близком их расположении полезный сигнал может быть потерян из-за компенсации взаимно противоположных полей. Не допускается подключать генератор к двум жилам определяемого кабеля с соединением их на дальнем конце, поскольку полезного сигнала практически не будет. При наличии заземлённых металлоконструкций и длинной поисковой трассе жилу на дальнем конце и общий провод генератора соединяют с контуром заземления. При обрыве контролируемого проводника или недоступности дальнего конца общий провод генератора подключают к заземлению, а на приёмнике устанавливают высокую чувствительность. Катушка приёмника при этом начинает работать как антенна для ёмкостной наводки, и проводник может быть обнаружен, правда, с гораздо меньшей точностью расположения. Прослушивание звукового сигнала при поиске производится посредством накладных или внутриканальных проводных наушников от мобильного телефона, подключаемых к гнезду XS1.

***От редакции****. Чертежи печатных плат устройства находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2022/10/iskatel.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

# Автоматический регулятор скорости вращения вентилятора и датчик температуры

*И. ЕРОБКИН, г. Ворсма Нижегородской обл.*

В радиоэлектронной аппаратуре часто требуется принудительное охлаждение с помощью вентиляторов. Но, к сожалению, многие из них довольно шумные. С одной стороны, высокие обороты вентилятора обеспечивают хорошее охлаждение теплоотвода, но с другой — максимальные обороты требуются не всегда. Например, особенно неприятен шум вентиляторов, если слушаешь тихую музыку. Поэтому оптимальным будет автоматическая регулировка скорости вращения вентилятора в зависимости от температуры теплоотвода. В большинстве случаев при низких нагрузках охлаждение не требуется, но шуметь он при этом тише не перестаёт.

Этот регулятор позволяет плавно управлять вентилятором, пропорционально увеличивая обороты в зависимости от температуры теплоотвода. Схема регулятора показана на **рис. 1**. Он разрабатывался для охлаждения теплоотвода УМЗЧ с напряжением питания ±25 В, поэтому на входе установлен интегральный стабилизатор на 12 В (DA1). В случае питания регулятора от напряжения 12 В, например от компьютерного блока питания, следует исключить стабилизатор напряжения и питать регулятор напрямую.

В качестве датчика температуры выступает кремниевый транзистор VT1, его коллектор нагружен токовым зеркалом на транзисторах VT2, VT3, которое обеспечивает за счёт высокого сопротивления хорошую линейную зависимость напряжения на коллекторе от температуры кристалла транзистора. Ток токового зеркала (1 мА) задаёт резистор R7. Образцовое напряжение

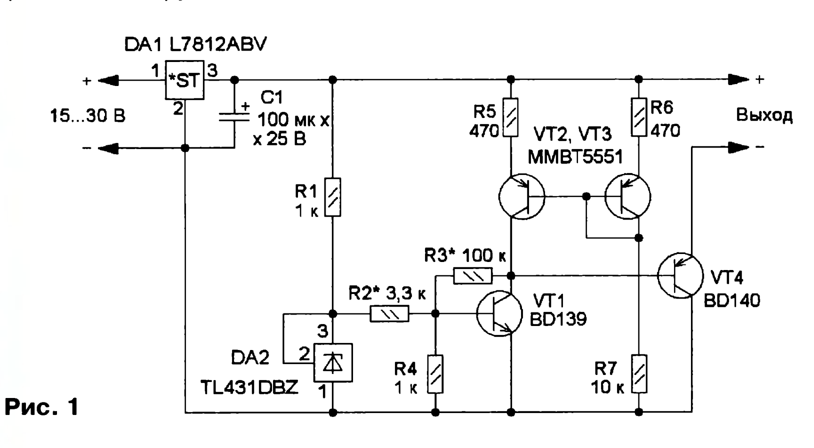


Рис. 1

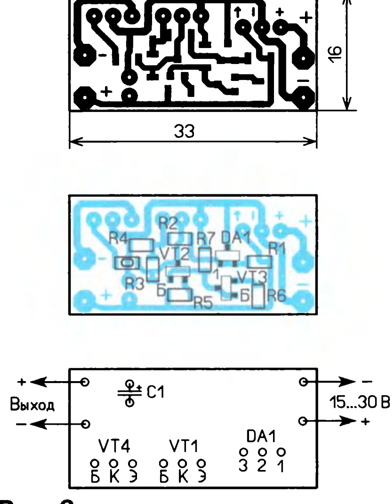


Рис. 2

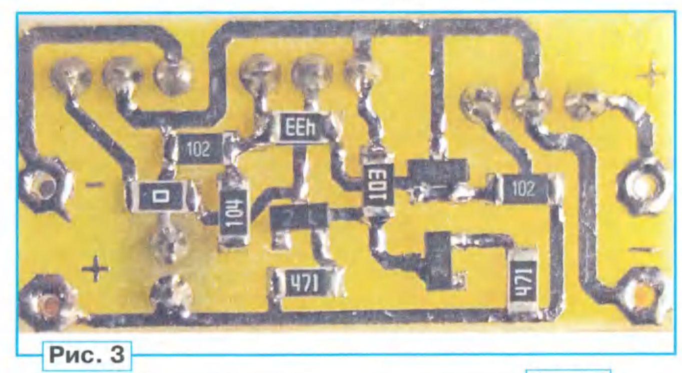



Рис. 3

Рис. 4

2,5 В для транзистора VT1 обеспечивает параллельный стабилизатор напряжения на микросхеме серии TL431 (DA2). Резистивный делитель R2R4 формирует напряжение на базе транзистора VT1, близкое к его открыванию. Резистор R3 также обеспечивает его открывание и задаёт коэффициент усиления ТКН транзистора. Сигнал с коллектора VT1 поступает на эмиттерный повторитель на транзисторе VT4, который усиливает ток, необходимый для питания вентилятора.

Коэффициент усиления ТКН транзистора VT1 примерно равен K = R3(R2+R4)/(R2•R4). В этом примере с указанными на схеме номиналами резисторов цепей смещения коэффициент усиления — около 130. Поскольку ТКН перехода база—эмиттер кремниевого транзистора около 2,2 мВ/°С, он и будет "усилен" в 130 раз, поэтому ТКН коллекторного напряжения транзистора VT1 будет 0,286 В/°С. Полный интервал выходного напряжения можно получить при изменении температуры транзистора VT1 на 38...40 °С. Но так как напряжение, при котором вентилятор ещё не начал вращаться близко, например, к 2 В, можно резистором R2 добиться режима, чтобы при увеличении температуры на 32...33 °С на вентиляторе было практически полное напряжение питания. Если датчик был настроен при температуре 20 °С, на полные обороты вентилятор выйдет при температуре 50...52 °С. Скорее всего, температура теплоотвода стабилизируется гораздо раньше за счёт охлаждения, и вентилятор не будет работать на максимальных оборотах, а соответственно будет меньше шуметь.

Настройка устройства сводится к установке коэффициента усиления подборкой резистора R3 и выставлению напряжения при комнатной температуре подборкой резистора R2. Сопротивление резистора R2 при подборке сильно изменять не следует, поэтому для приблизительных расчётов коэффициента усиления можно использовать его сопротивление — 3,3 кОм. А вот слишком большой коэффициент усиления нежелателен, так как коэффициент усиления по току самого транзистора VT1 должен быть как минимум в два раза больше. Взамен резистора R2 временно подключают переменный резистор сопротивлением 4,7 кОм и добиваются нужного напряжения на вентиляторе. Измеряют введённое сопротивление переменного резистора и устанавливают постоянный резистор такого же сопротивления. Но бывает так, что нужного номинала не оказывается, тогда впаивают ближайший большего номинала, а затем сверху прямо на этот резистор прикладывают резистор в несколько раз большего номинала, добиваясь нужного напряжения покоя при комнатной температуре и запаивают дополнительный резистор сверху.

Все детали устройства смонтированы на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Её чертёж и схема размещения элементов показаны на **рис. 2**. Применены резисторы для поверхностного монтажа типоразмера 1206. Оксидный конденсатор — К50-35 или импортный. Вид на монтаж платы со стороны печатных проводников показан на **рис. 3**, а вид смонтированной платы показан на **рис. 4**. Микросхема DA1 и транзисторы VT1, VT4 должны быть установлены через теплопроводящие изолирующие прокладки на теплоотвод, который охлаждается вентилятором и температура которого контролируется.

Если этот регулятор немного упростить, его можно использовать для измерения температуры с помощью микроконтроллера. То есть получится датчик температуры. Схема такого датчика показана на **рис. 5**. Здесь конденсатор C1 служит для подавления наводок и помех выходного сигнала. Так как температура не изменяется быстро, это позволяет повысить точность измерения. Этот датчик позволяет достичь точности измерения температуры до ±0,1 °С. Коэффициент усиления выбирают из требуемого интервала измеряемых температур. Например, чтобы измерить температуру от 0 °С до 100 °С, коэффициент усиления должен быть около 40. При этом напряжение на коллекторе транзистора VT1 будет изменяться от 0,5 В до 4,5 В, а это как раз предельные значения напряжения, при которых оно может меняться. Все настройки нужно проводить аналогично описанным выше. Следует учитывать, что напряжение на коллекторе VT1 уменьшается с ростом температуры, поэтомуу при 0 °С напряжение стоит выставить 4,5 В, как начальный отсчёт, а при 100 °С при правильно выбранном коэффициенте усиления напряжение должно уменьшиться до 0,5 В. В качестве термодатчика можно использовать и транзисторы для поверхностного монтажа с высоким коэффициентом усиления по току ($h_{21Э}$ > 300), например для измерения температуры тела.

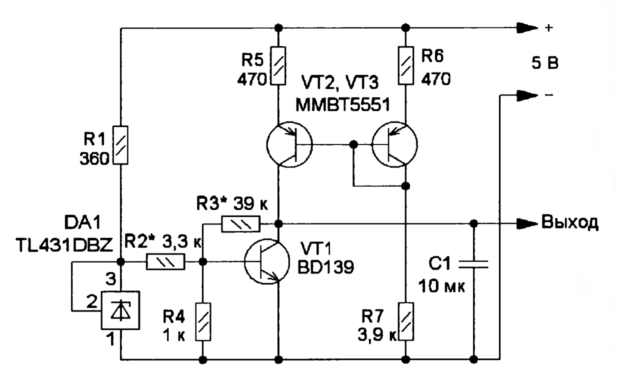



Рис. 5

Интервал измеряемых температур можно уменьшить. Например, для интервала 30...40 °С точность измерения можно ещё поднять в несколько раз. Очень важно располагать микросхему DA1 подальше от нагревающихся элементов датчика. Настройку следует проводить в прогретом состоянии. На транзисторы токового зеркала VT2 и VT3 желательно приклеить медную пластину толщиной 0,5 мм, чтобы обеспечить равенство их температур.

*От редакции. Чертёж печатной платы устройства находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/10/vent.zip** на нашем FTP-сервере.*



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

# НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

**РЕШЕТНИКОВ И. КРИСС: восьмиразрядный компьютер для широкого спектра задач. — Радио, 2021, № 1, с. 25—31.**

**Уточнение сопротивления резисторов R17, R18**

При эксплуатации компьютера выявилась проблема с ошибкой в расчёте компонентов обвязки усилителя мощности DA3, что иногда приводит к выходу его из строя при активном проигрывании мелодий. В некоторых случаях это сопровождается выходом из строя динамической головки, иногда и компьютер перестаёт работать, поскольку сгоревший усилитель перегружает линию питания. Чтобы избежать этой проблемы, необходимо заменить два резистора: сопротивление резистора R17 должно быть 10 кОм, R18 — 47 кОм. При такой комбинации звук становится тише, но гораздо приятнее, и снижается нагрузка на усилитель. Обратите внимание, что приобретённые на Aliexpress микросхемы немного различаются по характеристикам, поэтому сопротивление резистора R18 может быть в интервале 36—56 кОм, оптимальное значение легко подбирается "на слух". Можно попробовать дополнительно уменьшить сопротивление резистора R17 на 1—2 кОм, до 8,2—9,1 кОм. При сборке компьютера микросхему DA3 лучше сразу устанавливать в переходную панель.

**ТАЛАНОВ Н., ФОМИН В. Домашний озонатор. — Радио, 1993, № 8, с. 30, 31.**

**Результаты эксплуатации озонатора**

Наш читатель и автор А. Ознобихин из г. Иркутска поделился результатами эксплуатации этого устройства: "У меня озонатор, собранный по этой схеме, работает более 20 лет. Был выявлен один серьёзный недостаток. Со временем запуск озонатора после включения питания осуществлялся с всё большей задержкой. Помогало в его запуске одно средство — покрутить ручку переменного резистора R1. Но это было недолго. После полного отказа устройства оказалось, что неисправность была в выгорании слоя резиста на резисторе R1. Поэтому резистор с мощностью рассеивания 0,25 Вт был заменён одноваттным. Однако этого хватило только на несколько лет работы. При повторном аналогичном отказе этот резистор R1 был заменён другим, двухваттным. Пока устройство работает стабильно".

**НЕЧАЕВ Ю. Устройство защиты АС и УМЗЧ. — Радио, 2022, № 7, с. 25, 26.**

**Печатная плата**

Большинство элементов устройства размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Чертёж платы показан на **рис. 1**. Применены выводные элементы, типы которых указаны в статье.

**ПАНКРАТЬЕВ Д. Устройство контроля уровня жидкости с задержкой включения/отключения. — Радио, 2022, № 8, с. 37.**

**Печатная плата**

Для монтажа большинства элементов устройства можно использовать печатную плату из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Чертёж платы показан на **рис. 2**. Применены выводные элементы, типы которых указаны в статье. Для конденсатора C2 на плате предусмотрены два посадочных места, чтобы можно было при желании увеличить максимальное время задержки за счёт установки дополнительного конденсатора. Посадочное место также предусмотрено для дополнительного диода.

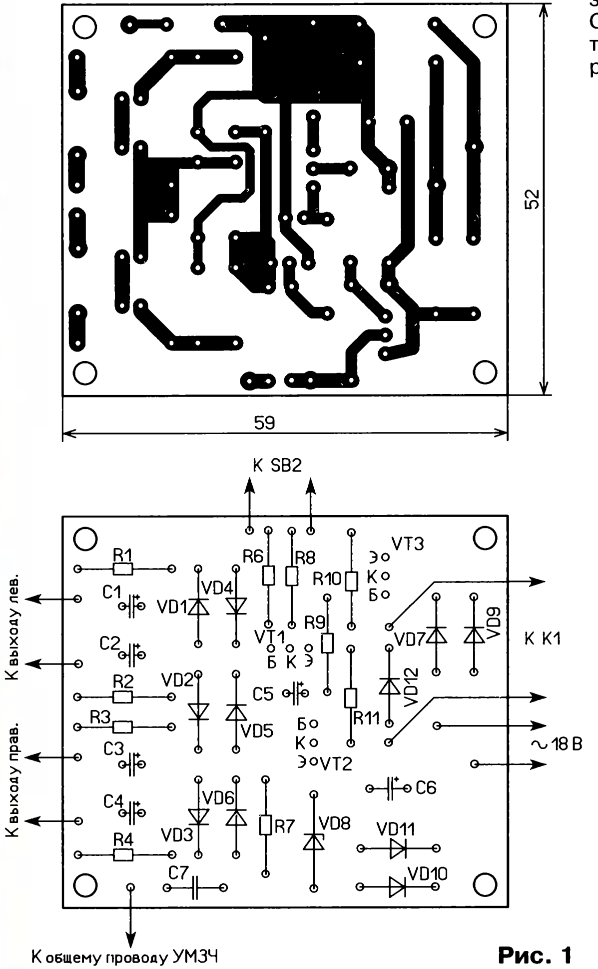



Рис. 1

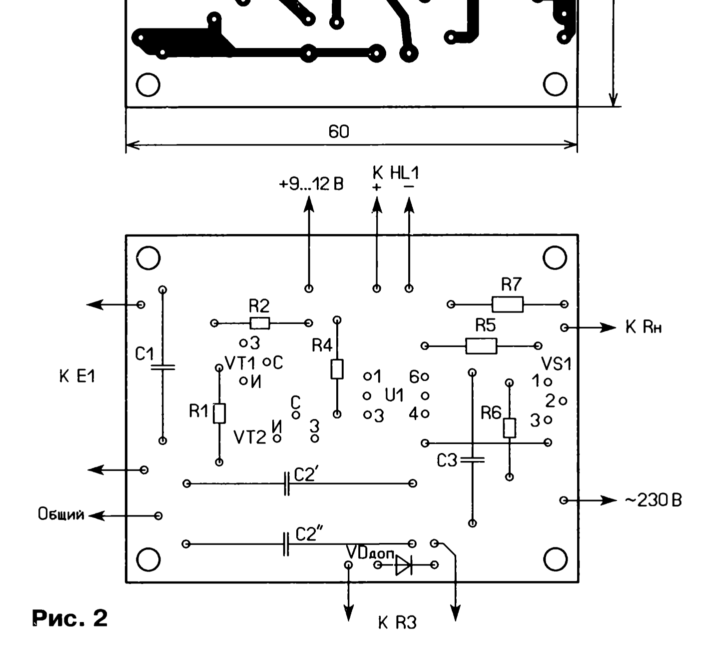



Рис. 2

# II Всесоюзная спартакиада по техническим видам спорта (1960—1961 гг.)

*Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина*

Всесоюзная спартакиада ДОСААФ по техническим видам спорта проходила в несколько этапов, и на ней впервые были представлены очные виды радиоспорта [1, 2]. В 1960 г. проходили районные и областные соревнования, в конце 1960 г. — начале 1961 г. — республиканские и краевые соревнования, а летом 1961 г. — финал Всесоюзных соревнований, включая первенство ДОСААФ.

Всем её участникам вручались памятные значки, а победителям — соответствующие жетоны.

ЦК ДОСААФ и Федерация радиоспорта СССР утвердили главных судей финальных соревнований этой спартакиады. Ими стали судьи всесоюзной категории по различным видам соревнований [3]:

— работа в радиосети (ныне — многоборье радистов) — Т. Каргополов;

— "охота на лис" (ныне — спортивная радиопеленгация — СРП / ARDF) — Константин Петрович Луценко (UA9CN), председатель Федерации радиоспорта Свердловской обл.;

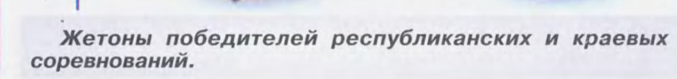
— приём и передача радиограмм (ныне — спортивная радиотелеграфия — СРТ / HST) — Фёдор Васильевич Росляков (1918—1972), начальник радиостанции Центрального радиоклуба (UA3KAA), в 40-х — 50-х годах неоднократный чемпион и рекордсмен Оборонного общества по приёму и передаче радиограмм, радист-полярник (1959 г. и 1962 г.). В пос. Расторгуево, где находилась эта "коллективка", регулярно с мест поступали радиограммы с отчётами о



Памятный значок участника спартакиады.



*Жетоны победителей областных и районных соревнований.*


*Жетоны победителей республиканских и краевых соревнований.*




*Жетоны победителей Всесоюзных соревнований.*



*Фёдор Васильевич Росляков, 70-е годы.*




*QSL-карточка радиостанции Центрального радиоклуба.*




*Билет участника финальных соревнований.*




*QSL-карточка, посвящённая Всесоюзной спартакиаде.*




*Серия из трёх почтовых марок, посвящённая Всесоюзной спартакиаде.*




*Значок участника финальных соревнований.*

ходе проведения в 1960—1961 гг. всех этапов спартакиады.

*Примечание. История не сохранила данных о проведении I Спартакиады по техническим видам спорта, проведённой в 1956 г. Известно только то, что она проходила в рамках летней Спартакиады народов СССР, и из технических видов спорта был представлен только мотоспорт.*

Сохранились значок участника финальных соревнований и билет.

Наиболее массовыми были соревнования по приёму и передаче радиограмм, так как они уже имели свою многолетнюю историю. А соревнованиям по "охоте на лис" и работе в радиосети было всего по несколько лет...




*Медали победителям и призёрам чемпионатов ДОСААФ.*

В июле 1961 г. Министерство связи выпустило серию из трёх почтовых марок [4, с. 311], а ЦРК — большим тиражом специальную QSL.

16 ноября 1961 г. Постановлением Комитета физической культуры и спорта при Совете министров СССР радиолюбительский спорт был включён в состав "Единой Всесоюзной спортивной классификации" (ЕВСК) под наименованием радиоспорт. Этому решению способствовало успешное проведение II Спартакиады ДОСААФ по военно-техническим видам спорта.

Чемпионаты ДОСААФ получили статус соответствующих чемпионатов (первенств) СССР. Радиоспортсменам стали присваиваться единые звания и разряды, выдаваться значки и медали единых образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Члиянц Г.** СРТ в Украине (хроника). — Львов:, 2008, 50 с.

2. **Члиянц Г.** Охота на лис — 50 лет! (хроника зарождения). — Львов:, 2007, 40 с.

3. Финал Всесоюзной спартакиады. — Радио, 1961, № 10, с. 18—20.

4. Каталог почтовых марок СССР (1918—1980), том I (1918—1969). — М.: Центральное филателистическое агентство "Союзпечать", 1983, 512 с.

ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

# Синтезатор частоты для любительской коротковолновой радиостанции. Доработка.

***Виктор ДЕНИСОВ (RA6LM), г. Азов, Ростовской обл.,***
***Виталий ПОПОВ (RX6LEJ), г. Ростов-на-Дону***

За время, прошедшее с момента публикации описания синтезатора для КВ-радиостанции [1], была проведена доработка схемы синтезатора, улучшающая его параметры. Суть доработки заключается в установке на выходе синтезатора двух усилителей на специализированных микросхемах ERA-5S [2]. Схема доработки показана на **рис. 1**. Все изменения и вновь вводимые элементы выделены цветом. Нумерация вновь введённых элементов не продолжает нумерацию в схеме исходного устройства [1]. Эту доработку можно сделать как на отдельной плате, так и интегрировать на плату синтезатора. Для тех, кто будет изготавливать синтезатор "с нуля", разработана доработанная печатная плата, которая показана на **рис. 2**. Её размеры — 80×75 мм, а чертёж показан на **рис. 3**,а—**рис. 3**,г. После изготовления доработанного синтезатора испытания показали, что усилители устойчиво работают в диапазоне от 50 Гц до 150 МГц с ровной АЧХ. Но самое главное — при подаче усиленного сигнала на формирователь смесителя трансивера [3] практически полностью исчезли пора-

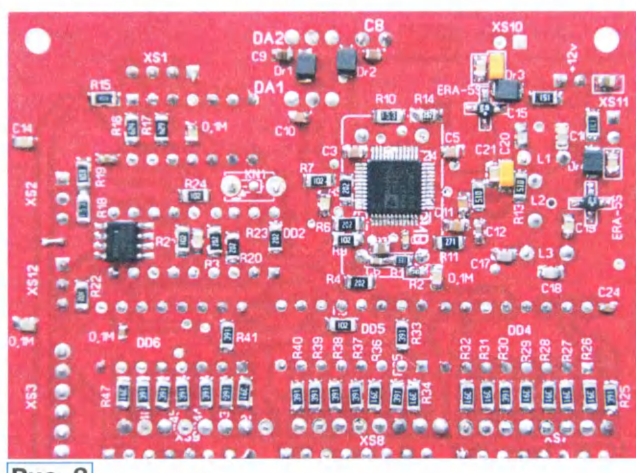



**Рис. 2**

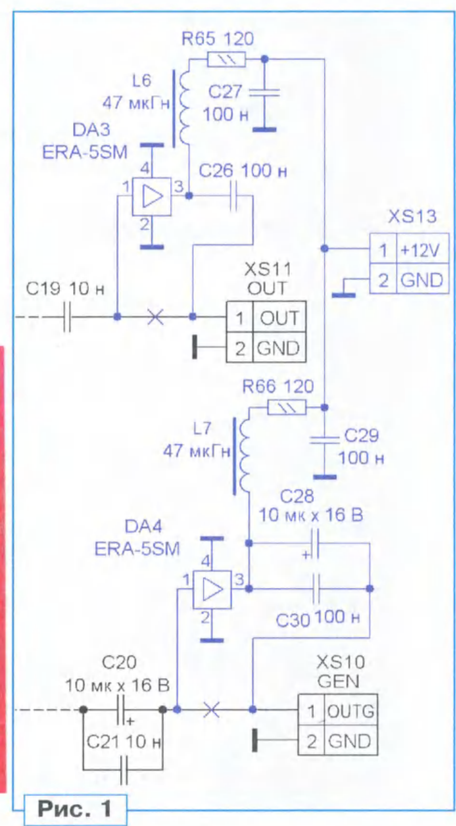
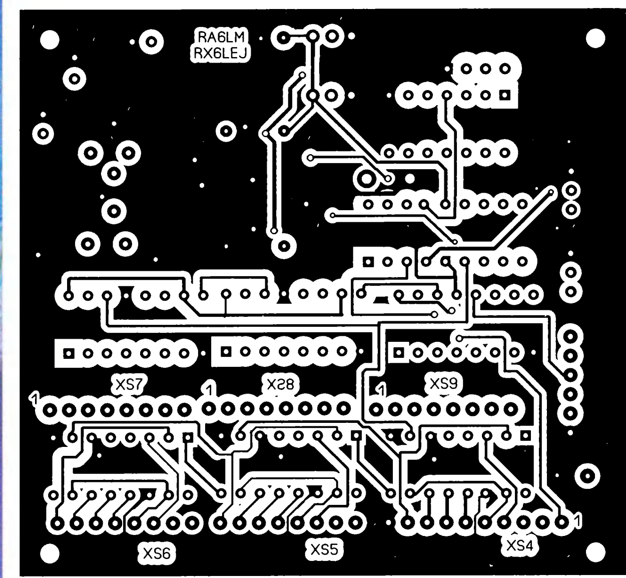
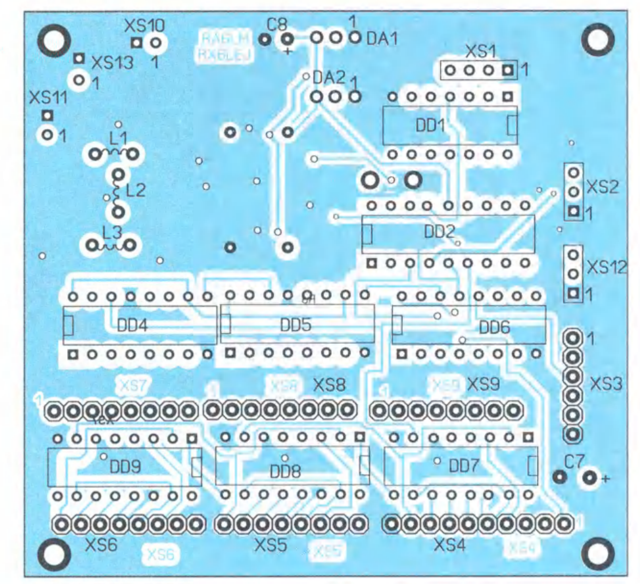
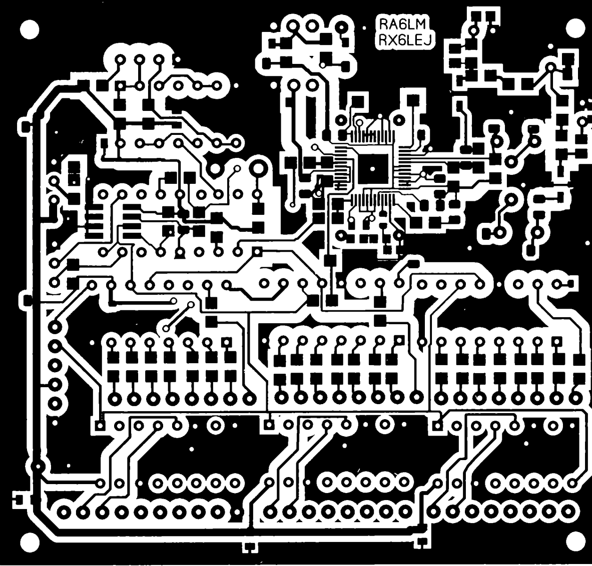
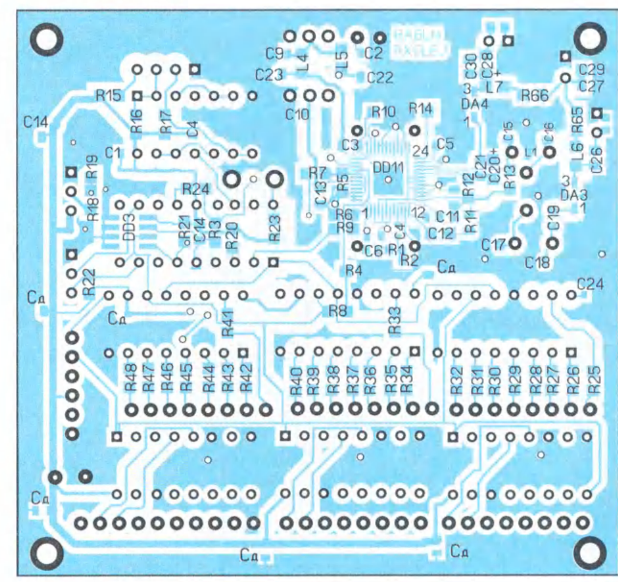



**Рис. 1**


Рис. 3,а


Рис. 3,б


Рис. 3,в


Рис. 3,г

жённые частоты и отпала необходимость в применении гетеродинных фильтров, которые из трансивера были удалены.

ЛИТЕРАТУРА


1. **Денисов В., Попов В.** Синтезатор частоты для любительской коротковолновой радиостанции. — Радио, 2022, № 1, с. 51—56.

2. Monolitic ampliriers. — URL: **https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/94546/MINI/ERA-5SM.html** (01.07.22).

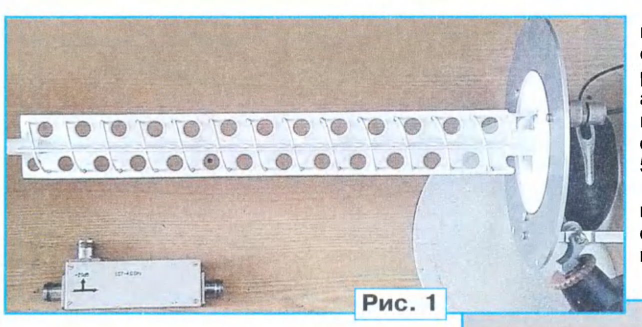
3. **Денисов В.** Основная плата КВ-трансивера. — Радио, 2020, № 9, с. 53—56.


*__От редакции__. Чертежи печатных плат в формате Sprint-Layout в авторском и редакционном вариантах находятся по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2022/10/sintez2.zip__ на нашем FTP-сервере.*

# Спиральные антенны диапазона 2,4 ГГц

**_Владимир ПРИХОДЬКО (EW8AU), г. Гомель, Беларусь_**

Диапазон 2,4 ГГц хотя и разрешён радиолюбителям для проведения радиосвязей, однако в этом диапазоне работает беспроводная связь стандартов Wi-Fi. Поэтому с очень высокой вероятностью там будут работать чьи-то роутеры. Если говорить о Wi-Fi-диапазоне 2,4 ГГц (2401 до 2483 МГц), то он разделён на 13 каналов [1], которые практически всегда "заняты". Поэтому довольно часто можно найти открытые Wi-Fi-сети с хорошей скоростью разда-


Рис. 1

чи, что даёт возможность бесплатного доступа к Интернету. Однако такие сети имеют ограниченный радиус действия, что не позволяет постоянно рассчитывать на бесплатный Интернет. Разрешить такую ситуацию можно, воспользовавшись эффективной антенной диапазона Wi-Fi, способной обеспечить устойчивую связь с точкой доступа на расстоянии до нескольких километров.

В антенной технике чем выше частота, тем больше требований к точности изготовления элементов антенны и расстояний между элементами в антенне, что очень трудно осуществить в домашних условиях. Поэтому изготовление антенн типа "волновой канал" для этого диапазона — пустая трата времени. Лучшее решение — изготовить широкополосную антенну в виде цилиндрической спирали. Внешний вид цилиндрической спиральной антенны для диапазона 2,4 ГГц показан на **рис. 1**, а на **рис. 2** показаны основные элементы конструкции и их размеры. Кроме того, в Интернете есть онлайн-калькуляторы для расчёта такой антенны с трансформатором для согласования с трактом 50 Ом, например [2].

Антенна состоит из цилиндрической спирали, выполненной медным проводом диаметром 2,4 мм, каркаса из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, рефлектора в виде алюминиевого диска диаметром 140 мм (толщина диска 2,5...3 мм), а также согласующего трансформатора 140/50 Ом. Пластина трансформатора — медная пластина толщиной 0,5...0,8 мм. Антенна — широкополосная, и если выполнить все размеры с точностью до одного миллиметра, получается приемлемый КСВ. В процессе работы и настройки такой антенны для улучшения согласования я добавил конструктивный конденсатор.

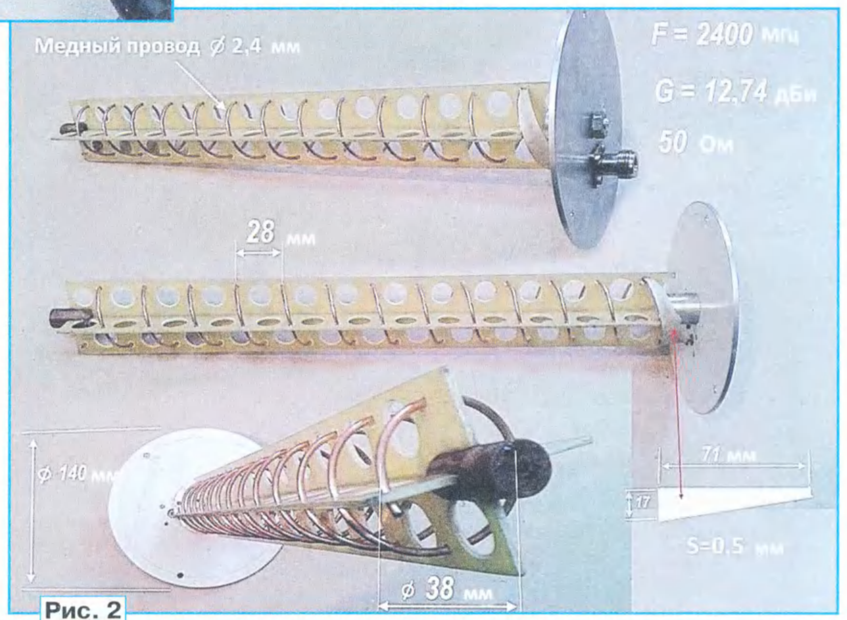


Рис. 2

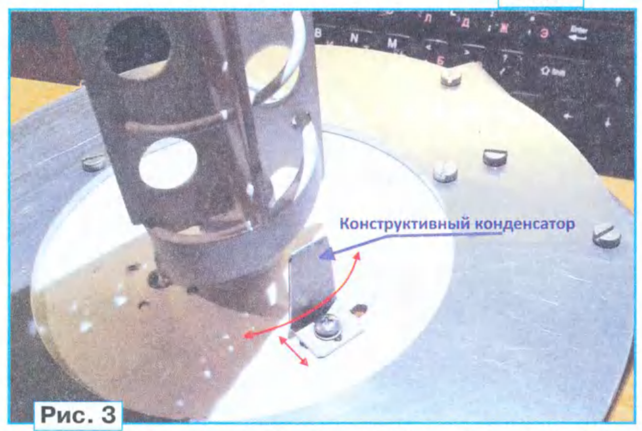
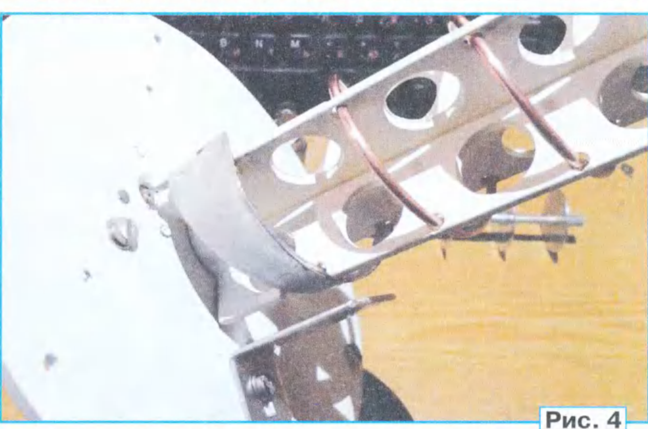


Рис. 3


Рис. 4

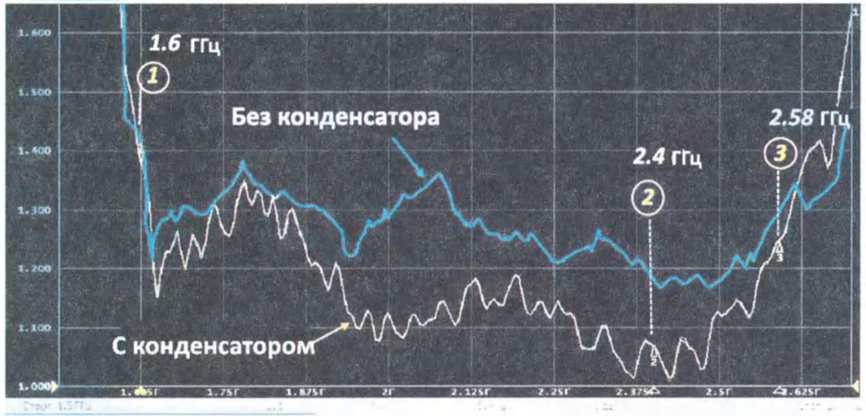


Рис. 5

Первые антенны я делал без конденсатора, поэтому приходилось каждый раз корректировать размеры трансформатора, а это очень долгая и трудоёмкая работа. С конденсатором улучшилось КСВ и стало проще настраивать антенну. Конструкцию конденсатора поясняют **рис. 3** и **рис. 4**, он представляет собой алюминиевый уголок, закреплённый на экране возле трансформатора спирали. Регулируя расстояние от спирали до конденсатора и расстояние конденсатора от точки питания (размеры и форма уголка не критичны), находят его оптимальное

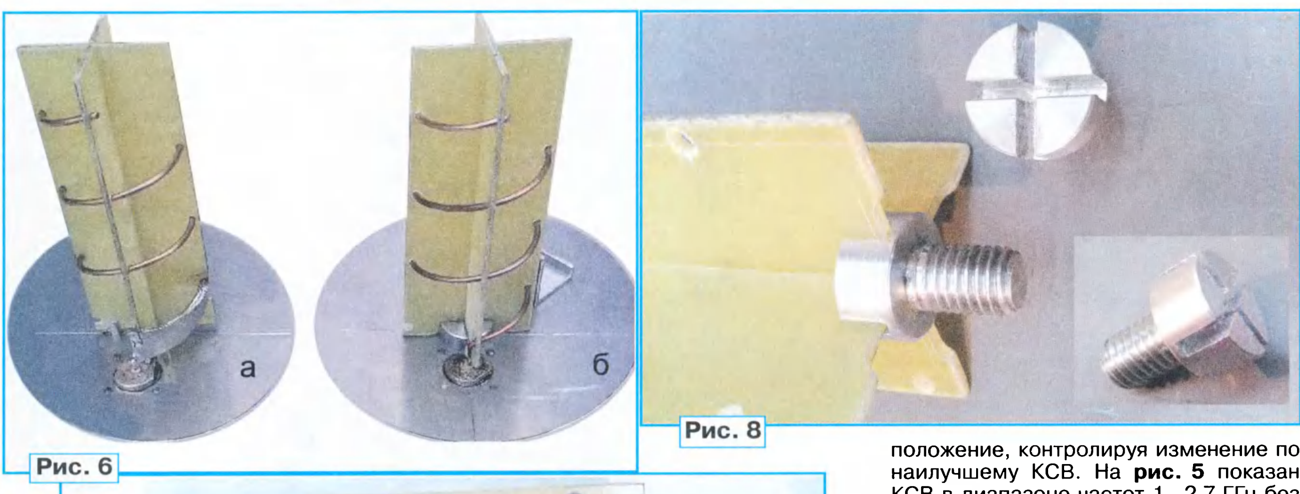



Рис. 6

Рис. 8

Рис. 7

положение, контролируя изменение по наилучшему КСВ. На **рис. 5** показан КСВ в диапазоне частот 1...2,7 ГГц без конденсатора и с конденсатором. Если вам необходимо большое усиление, можно уменьшить число витков спирали (при том же диаметре и шаге намотки) и применить короткую антенну (**рис. 6**) в качестве облучателя параболической антенны от спутникового телевидения. На этом рисунке показано два вида согласования, с трансформатором (рис. 6,а) и без трансформатора, только с конструктивным конденсатором (рис. 6,б). На **рис. 7** и **рис. 8** показаны конструкция держателей спирали и вариант их крепления. На **рис. 9** приведены зависимости КСВ при согласовании этих антенн с помощью трансформатора и конденсатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Частоты Wi-Fi: 2.4 и 5 ГГц — полный разбор WiFi диапазонов. — URL: **https://wifigid.ru/besprovodnye-tehnologii/chastoty-wi-fi** (03.09.22).

2. Расчёт спиральной антенны. — URL: **https://3g-aerial.biz/onlajn-raschety/raschety-antenn/raschet-spiralnoj-antenny** (03.09.22).

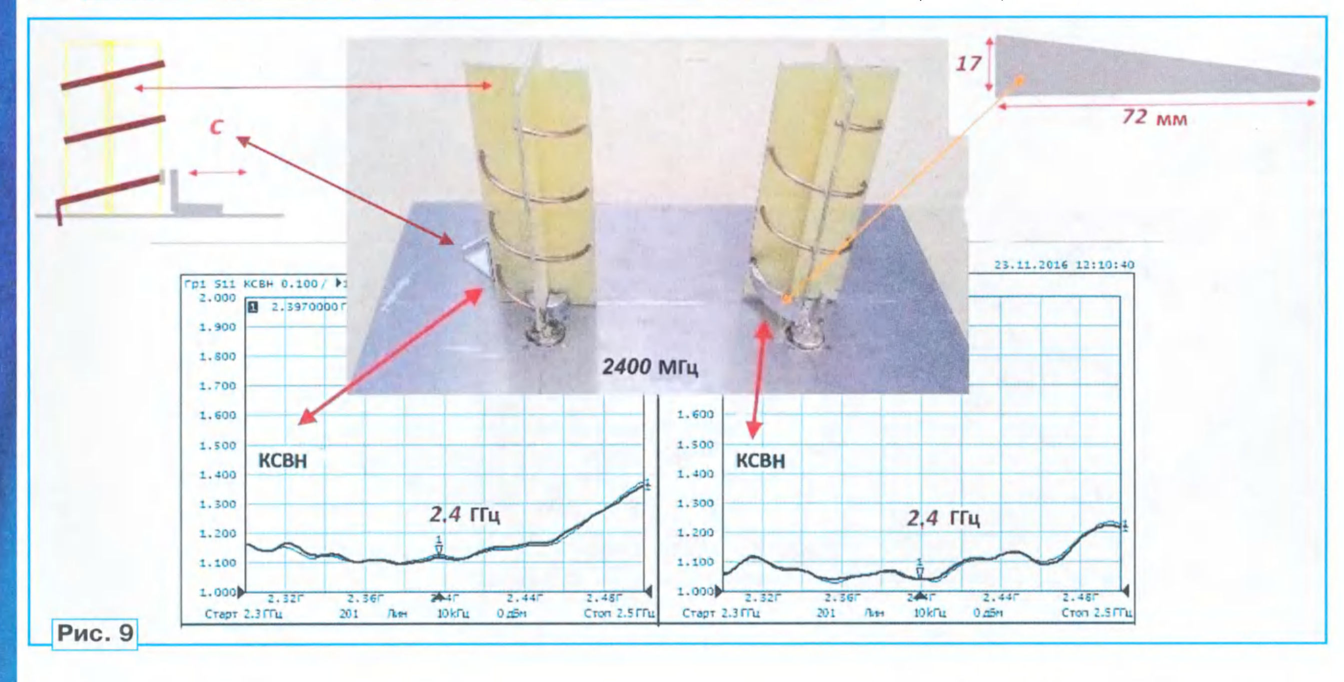



Рис. 9

# ЗУ для Ni-Cd или Ni-Mh аккумуляторов типоразмеров AA и AAA из ЗУ сотового телефона

*И. НЕЧАЕВ, г. Москва*

В распоряжении радиолюбителей часто имеются зарядные устройства (ЗУ) от старых сотовых кнопочных телефонов, которые лежат без использования. Эти ЗУ можно использовать для изготовления ЗУ для аккумуляторов, например Ni-Cd или Ni-Mh. Известно, что зарядку аккумуляторов, даже если потом они входят в состав батареи, желательно проводить независимо друг от друга. Это позволит исключить перезарядку или недозарядку отдельных аккумуляторов и тем самым продлить срок их службы.

Для изготовления такого устройства не требуется какой-либо доработки самого ЗУ. Желательно, чтобы его корпус был не слишком маленький, чтобы можно было установить на нём все элементы дополнительного ЗУ — печатную плату и держатель элемента типоразмеров AA и/или AAA. Это придаст новому ЗУ законченный вид и небольшие размеры, а также избавит от "болтающихся" проводов. Для каждого аккумулятора будет отдельная зарядная ячейка. Это позволит заряжать одновременно и независимо друг от друга несколько разнотипных аккумуляторов.

Исходя из этого, из всех доступных ЗУ было выбрано одно со специфическим разъёмом (**рис. 1**) и максимальным выходным током 700 мА от старого кнопочного телефона. Именно такой максимальный суммарный ток зарядки и может обеспечить это ЗУ.



**Рис. 1**

Схема одной зарядной ячейки показана на **рис. 2**. Её основа — микросхема параллельного стабилизатора напряжения DA1 TLV431BCLP [1]. Её особенность, отличающая её от других микросхем серии xx431xx, — напряжение переключения 1,24 В. Это обеспечивает возможность её использования как компаратора для контроля напряжения Ni-Cd или Ni-Mh аккумуляторов. На транзисторе VT1 собран коммутатор тока зарядки, максимальное значение которого задают токоограничивающие резисторы R2 и R3. Светодиоды HL1 и HL2 сигнализируют о режимах зарядки аккумулятора.

Работает устройство следующим образом. При подключении разряженного аккумулятора напряжение на входе (вывод 1) микросхемы DA1 будет менее 1,24 В, поэтому ток через неё не превысит 50 мкА [1]. В результате ток через резистор R6 откроет транзистор VT1, и через него и резисторы R2, R3 потечёт максимальный ток зарядки. При этом напряжения на резисторе R6 будет недостаточно для того, чтобы включился светодиод HL2. В то же время на резисторах R2, R3 будет напряже-

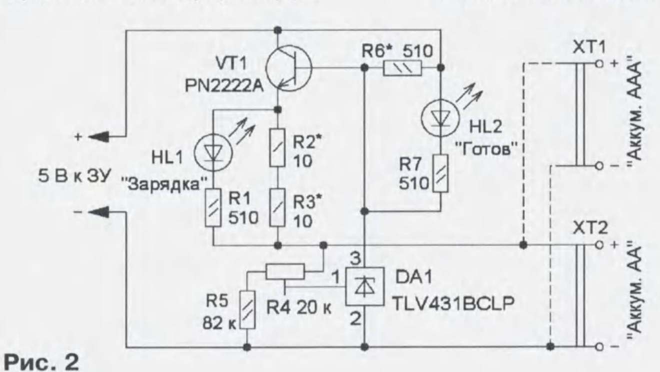



**Рис. 2**

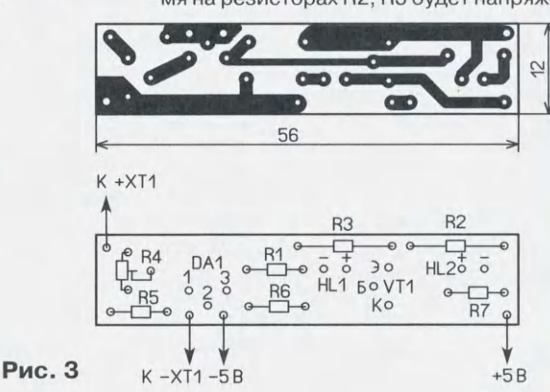



**Рис. 3**

ние более 2 В, которого будет достаточно, чтобы включился светодиод HL1 "Зарядка" красного свечения, который будет сигнализировать о зарядке аккумулятора.

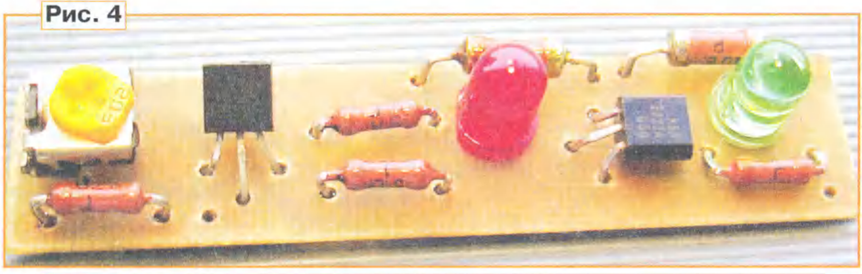


Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

После начала зарядки ток сначала практически не изменяется. Следует учесть, что в этом случае напряжение на аккумуляторе $U_а$ будет складываться из его собственного напряжения (ЭДС аккумулятора — $E_а$) и падения напряжения $U_п = R_а \cdot I_з$ на его внутреннем сопротивлении $R_а$ при протекании зарядного тока, поэтому $U_а = E_а + U_п$. Но когда напряжение на аккумуляторе достигнет $U_а$ = 1,42 В (или другого значения, которое устанавливают резистором R4), ток через микросхему DA1 увеличится, напряжение на базе транзистора VT1 уменьшится, а в результате уменьшится напряжение на резисторах R2, R3, т. е. ток зарядки. Поэтому по мере увеличения $E_а$ будет уменьшаться ток $I_з$, а устройство станет поддерживать на аккумуляторе постоянное значение $U_а$.

По мере зарядки аккумулятора напряжение на резисторе R6 будет увеличиваться, и в какой-то момент включится светодиод HL2, и яркость его свечения станет увеличиваться. А вот напряжение на резисторах R2, R3 станет уменьшаться, поэтому светодиод HL1 станет плавно гаснуть, вплоть до полного погасания. В зависимости от параметров элементов (светодиодов и резисторов) возможна ситуация, когда светодиод HL1 погаснет, а светодиод HL2 пока ещё не включится, но через некоторое время это произойдёт. Перезарядка аккумулятора исключена, поскольку устройство контролирует его напряжение, поэтому он может находиться в устройстве продолжительное время.

После подключения устройства к сети без аккумулятора станет светить светодиод HL2. При установке разряженного аккумулятора должен включиться светодиод HL1, если же светодиод HL2 останется включённым, это может свидетельствовать о том, что нет контакта, у аккумулятора слишком большое внутреннее сопротивление $R_а$ или ток зарядки $I_з$ слишком большой.

Все элементы ячейки, за исключением держателя аккумулятора, смонтированы на печатной плате, изготовленной из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж печатной платы показан на **рис. 3**. Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-33, подстроечный резистор — 3229-1, 3306F-1, СП3-19, транзистор PN2222A можно заменить транзистором KST2222A, светодиоды — обычные маломощные с диаметром корпуса 5 мм. Светодиод HL1 должен быть обязательно красного свечения, светодиод HL2 — зелёного. Вид смонтированной платы показан на **рис. 4**. Для уменьшения её высоты светодиоды можно расположить параллельно плате.

Налаживание сводится к установке подстроечным резистором R4 напряжения, до которого должен зарядиться аккумулятор. Сделать это можно и без аккумулятора, контролируя напряжение на разъёме XT1 (XT2). Подборкой резисторов R2, R3 устанавливают максимальный ток разрядки. Для этого устанавливают разряженный аккумулятор и подбирают эти резисторы, включив миллиамперметр между ними. Применённый транзистор допускает ток коллектора 600 мА, если ток зарядки будет больше, следует применить более мощный транзистор.

Палату с помощью термоклея крепят на корпусе держателя аккумулятора (**рис. 5**), а затем эту сборку закрепляют на корпусе ЗУ. Размещение одной зарядной ячейки показано на **рис. 6**. В зависимости от размеров корпуса базового ЗУ на нём можно разместить несколько зарядных ячеек, например, две для элементов типоразмера AA и две для типоразмера AAA. Можно также установить держатели только для аккумуляторов типоразмера AA, а для зарядки аккумуляторов типоразмера AAA применить дополнительные насадки [2]. Если планируется сделать несколько ячеек с разным максимальным током зарядки, каждая из них должна быть соответствующим образом промаркирована.

ЛИТЕРАТУРА


1. TLV431x Low-Voltage Adjustable Precision Shunt Regulator. — URL: **https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/789629/TI1/TLV431BCLP.html** (31.08.22).

2. **Нечаев И.** Гальванический элемент или аккумулятор типоразмера AAA взамен AA. — Радио, 2022, № 7, с. 62, 63.

# ЖК-монитор — шкала демонстрационного измерительного прибора и табло

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

***О применении компьютерных мониторов при создании игрушек или игр было рассказано в [1]. Развивая данную тему, автор рассказывает ещё об одном варианте использования такой устаревшей техники.***

Школьные демонстрационные приборы для уроков физики, как и любое демонстрационное оборудование, стоят немало несмотря на невысокие требования к точности измерений. Такие приборы должны быть лаконичными, наглядными и хорошо видимыми с последней парты класса, т. е. шкала таких приборов должна быть размером, сопоставимым с размером альбомного листа. Используя ЖК-монитор совместно с модулем Arduino для рисования на нём шкал приборов, автор статьи разработал варианты вольтметра и секундомера.

Их внешний вид показан на **рис. 1** и **рис. 2** соответственно. Первый прибор-приставка — вольтметр, он позволяет измерять постоянное напряжение в интервале 0...5 В, а второй — секундомер, который измеряет временные интервалы до 180 с. Индикатор на первом рисунке имитирует неподвижную шкалу стрелочного прибора с пределами измерений 0...6 В и ценой деления 0,5 В. Указатель-стрелка вращается в пределах угла 180 градусов. На рис. 1 показания вольтметра — 3,8 В. Второй индикатор имитирует круговую шкалу секундомера с ценой деления 5 с и началом отсчёта с верхней риски. Шкала отображает остановку секундомера на 23-й секунде первой минуты отсчёта. На второй минуте секундомер становится жёлтого цвета, на третьей — красного.

Схема вольтметра показана на **рис. 3**, секундомера — на **рис. 4**. Элементы VD1 и R1 защищают вход АЦП микроконтроллера модуля Arduino Uno от повышенного измеряемого напряжения и минусовой полярности. Подробнее о защите входов микроконтроллеров можно прочитать в [2]. Конденсатор C1 подавляет импульсные помехи.

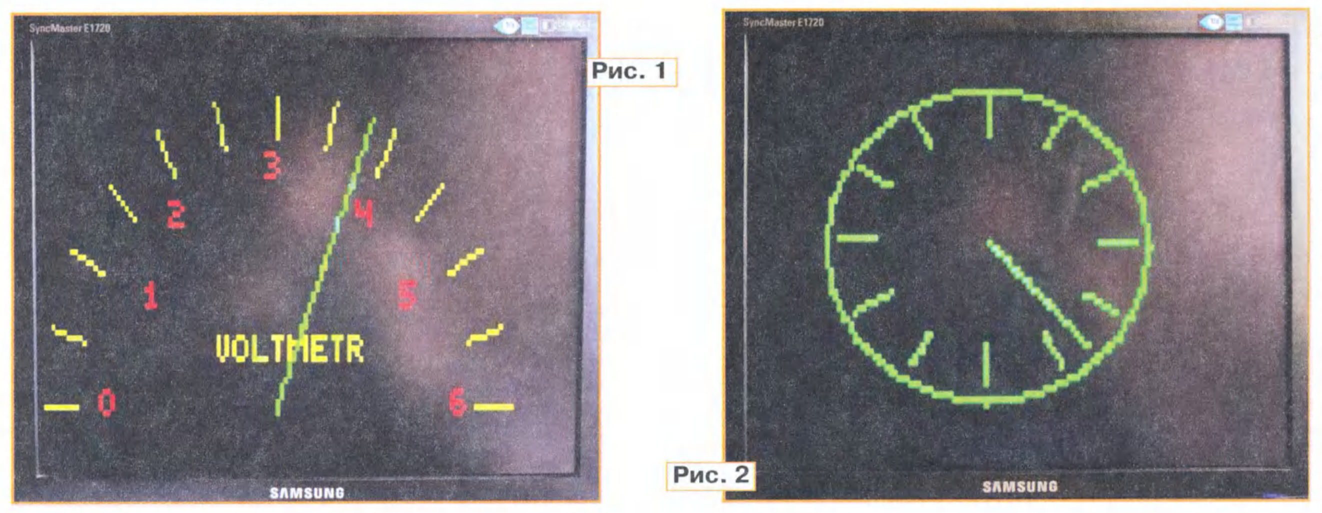



Рис. 1

Рис. 2

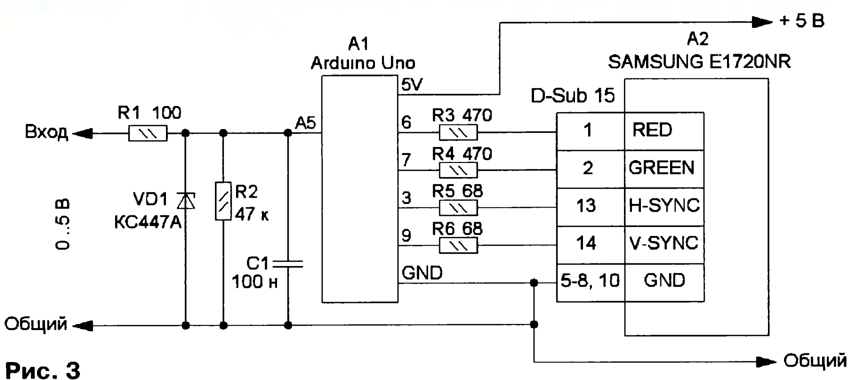



Рис. 3

Кнопка SB1 (рис. 4) запускает и останавливает секундомер. Для согласования выходных уровней напряжений модуля Arduino с входами монитора использованы резисторы R3—R6 в вольтметре, а R1—R4 — в секундомере. Оба варианта приставки желательно питать от стабилизированного источника постоянного тока напряжением 5 В и максимальным выходным током не менее 100 мА. Элементы приборов, кроме монитора, удобно располагать в пластмассовом или деревянном прямоугольном футляре подходящих размеров.

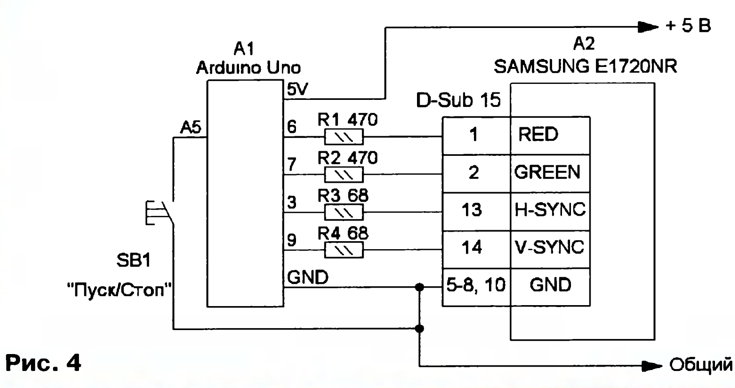



Рис. 4




Рис. 5

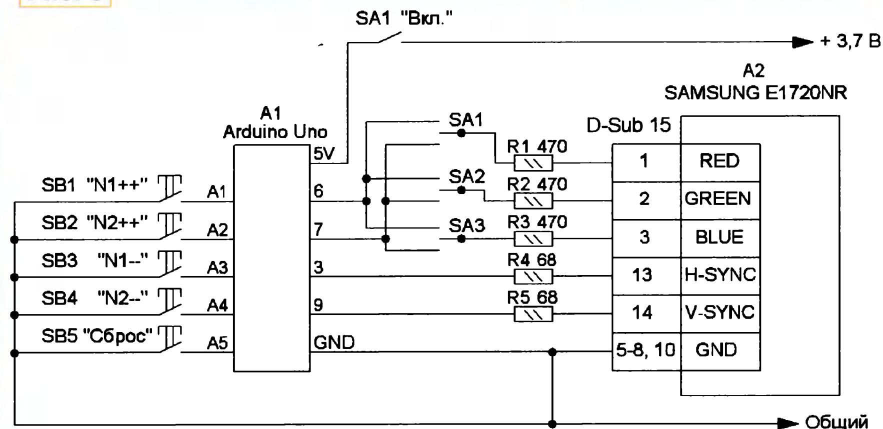



Рис. 6

Настройка вольтметра сводится к подбору значения коэффициента **regul** в строке **float regul=1.23;//коэфф.**

| № цвета / № палитры | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |

Рис. 7

**регулировки точности показаний вольтметра**. В качестве образцового прибора автор использовал цифровой мультиметр M890G, экспериментально полученное значение этого коэффициента — 1,23. Регулировка точности секундомера сделана подбором значений переменной в строке **int T=800;// значение паузы регулирует точность секундомера**. В качестве эталона использовалось приложение "Часы" на имеющемся смартфоне Huawei Nexus. Следует заметить, что базовая библиотека поглощает практически все ресурсы модуля Arduino Uno, исключая возможность использования функций **millis()** и **delay()**. Библиотечная функция **vga.delay(T)** не отличается точностью исполнения, поэтому требует дополнительного подбора значения аргумента.

Ещё один вариант демонстрационного инструмента — игровое табло. Его трудно назвать измерительным прибором, но, тем не менее, он является счётным прибором. На **рис. 5** показан его внешний вид в различных цветовых

| № ПАЛИТРЫ | № ВЫВОДА НА ПЛАТЕ | R | G | B |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | | | |
| | 7 | | | |
| 2 | 6 | | | |
| | 7 | | | |
| 3 | 6 | | | |
| | 7 | | | |
| 4 | 6 | | | |
| | 7 | | | |
| 5 | 6 | | | |
| | 7 | | | |
| 6 | 6 | | | |
| | 7 | | | |

Рис. 8

палитрах. Схема табло показана на **рис. 6**. Это устройство рассчитано на подсчёт очков двух игроков N1 и N2 в пределах значений 0...99. Нажатием на кнопки SB1—SB4 можно добавлять или убавлять очки каждому игроку. Нажатием на кнопку SB5 обнуляют показания табло. Его отличие от других вариантов — в использовании трёхпозиционных переключателей SA1—SA3, которые позволяют выбирать палитру цветов изображений счёта на мониторе. Основных вариантов шесть (**рис. 7**), столько же с возможностью перестановки местами цветов № 1 и № 2. Соответствие палитр и коммутации выводов поясняет **рис. 8** (соединение обозначено серым квадратом). Подробнее о вариациях цвета можно прочитать в [3]. Питается табло от Li-Ion аккумулятора типоразмера 18650.

В устройствах можно применить резисторы МЛТ, С2-23, кнопки — любые с самовозвратом, выключатели — любые малогабаритные, переключатели (в табло) — на три положения любого типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Рисуем на ЖК-мониторе с помощью Arduino. — Радио, 2022, № 8, с. 61, 62.

2. Защита входов цифровой электроники. — URL: **http://cxem.net/beginner/beginner102.php** (22.06.22).

3. VGAX Library for Arduino UNO and MEGA. — URL: **https://github.com/smaffer/vgax** (22.06.22).

***От редакции**. На нашем FTP-сервере по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/10/shkala.zip** находятся файлы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу вольтметра и секундомера.*

# Фонарь с ионистором и зарядкой от солнечных батарей

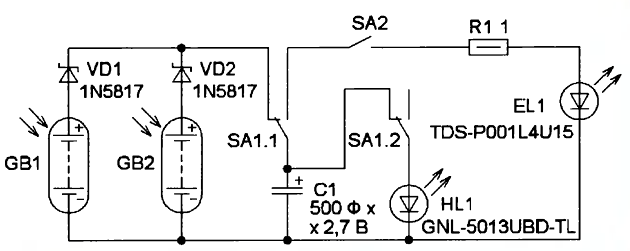
***Д. ЛЕКОМЦЕВ, г. Орёл***

Практически любой автономный источник света требует регулярной замены расходуемых компонентов. Исключение составляют некоторые источники тока на основе радиоактивных элементов, применение которых ограничено. Обычному электрическому фонарю требуется регулярная замена элементов питания. Даже если в фонаре используется аккумулятор или аккумуляторная батарея, их ресурс ограничен, поэтому после определённого числа циклов зарядки и разрядки они деградируют и требуют замены. К сожалению, даже просто срок хранения неиспользуемого аккумулятора ограничен. В настоящее время выпускаются ионисторы, которые хотя и не дотягивают по удельной ёмкости запасаемой энергии до аккумуляторов, но всё же серьёзным образом превосходят обычные оксидные конденсаторы. При этом число циклов зарядки и разрядки для ионистора в сравнении с аккумулятором практически неограничено. Так что на основе ионистора достаточной ёмкости можно сделать фонарь с приемлемыми характеристиками.

Схема такого фонаря представлена на **рис. 1**. Для достижения максимально возможной полной автономности фонарь получает энергию от включённых параллельно солнечных батарей GB1 и GB2. Батарея GB1 имеет габариты 80×55 мм, номинальное напряжение 6 В и номинальную мощность 0,6 Вт. Габаритные размеры батареи GB2 — 60×60 мм, номинальное напряжение — 5,5 В, номинальная мощность — 0,44 Вт. Следует отметить, что параметры батарей указаны ориентировочно, и при изготовлении фонаря следует ориентироваться на предполагаемую конфигурацию используемого корпуса фонаря, в котором планируется размещать солнечные батареи. Для предотвращения разрядки ионистора С1 (серия Green Cap EDLC (DB)) через солнечные батареи при их затенении в цепь батарей GB1 и GB2 включены диоды Шоттки VD1 и VD2. Одним диодом обойтись нельзя, так как при эксплуатации может сложиться ситуация, когда одна из батарей освещена, а вторая находится в тени. Это приведёт к тому, что ЭДС второй батареи сильно упадёт, а значит, освещённая батарея станет источником тока, а затенённая — нагрузкой.

Энергия, преобразованная солнечными батареями из световой в электрическую, запасается в ионисторе С1 с номинальными ёмкостью 500 Ф и напряжением 2,7 В. В положении переключателя, показанном на схеме, параллельно ионистору включён светодиод синего свечения HL1 (GNL-5013UBD-TL). Этот светодиод служит индикатором и ограничителем напряжения на выводах ионистора. По мере зарядки ионистора напряжение на его выводах постепенно увеличивается, и светодиод HL1 должен быть подобран так, чтобы даже при длительном нахождении солнечных батарей под прямыми солнечными лучами напряжение на выводах ионистора не превысило максимально допустимое значение. Кроме этого, ярко светящийся светодиод HL1 служит индикатором полной зарядки ионистора [1].

Для того чтобы переключить фонарь из режима зарядки в рабочий режим, надо переключить двухпозиционный одноклавишный переключатель SA1. Можно применить переключатель на два положения и два направления. Например, MRS-202-3C7 или аналогичный, подходящий по конструкции, дающий возможность одновременно переключать две группы контактов. При переключении в рабочий режим солнечные



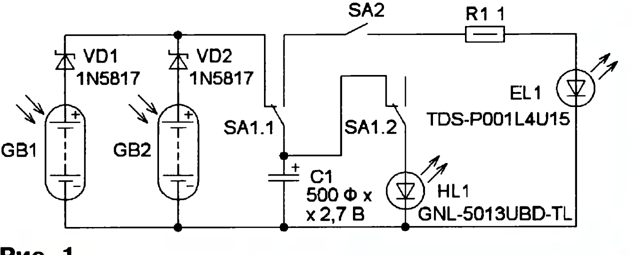
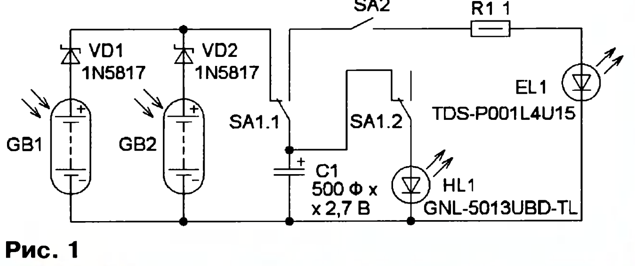



**Рис. 1**




**Рис. 2**

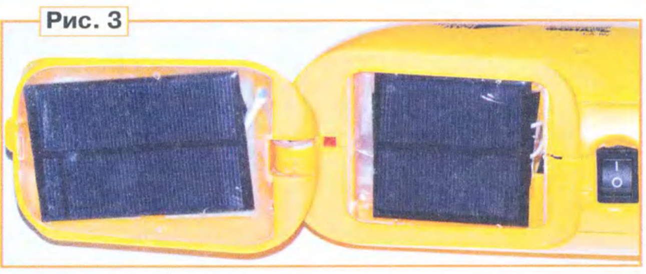


**Рис. 3**

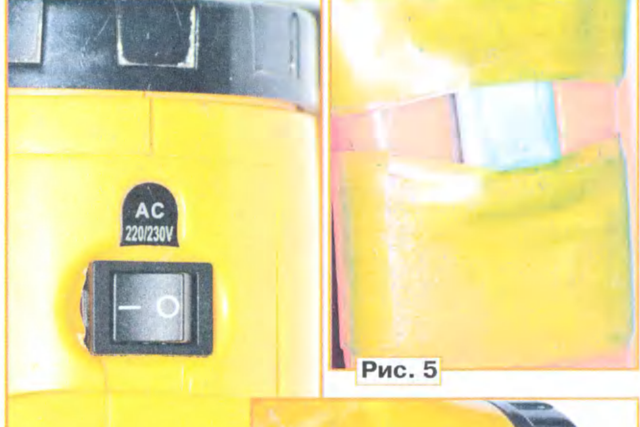



**Рис. 4**

**Рис. 5**

**Рис. 6**


Рис. 7

батареи и светодиод HL1 отсоединяются от плюсового вывода ионистора, а вместо них подключается светодиод белого свечения EL1 (TDS-P001L4U15), который можно включить/выключить с помощью выключателя SA2 (SMRS-101-1C2 или аналогичный). Последовательно с этим светодиодом включён резистор R1 (МЛТ, С2-23).

Конструктивной основой ионисторного фонаря послужил корпус аккумуляторного светодиодного фонаря "Яркий луч LA-1W", из которого были удалены все внутренние компоненты, кроме светодиодного рефлектора (**рис. 2**). Для размещения ионистора C1 пришлось удалить часть пластиковых держателей аккумуляторной батареи.

На месте торцевой светодиодной панели и на её крышке были размещены солнечные батареи (**рис. 3**), которые в режиме зарядки должны быть раскрыты и размещены так, чтобы по возможности лучи солнечного света падали перпендикулярно их поверхности. В рабочем режиме батареи можно сложить для уменьшения габаритов корпуса. Переключатель SA1 размещён на том месте, где в фонаре "Яркий луч LA-1W" располагался разъём для подключения сетевого шнура питания, необходимого для питания встроенного зарядного устройства (**рис. 4**). Клавишный выключатель SA2 размещён в рукоятке фонаря на месте штатного выключателя (**рис. 5**). Светодиод HL1 установлен на месте штатного светодиодного индикатора, для чего отверстие было рассверлено до диаметра 5 мм (**рис. 6**). Светодиод EL1 размещён на штатном месте в центре параболического рефлектора (**рис. 7**).

Рис. 8

В этом устройстве потребуется подборка подходящего светодиода HL1, который должен открываться по мере зарядки ионистора и не давать напряжению на ионисторе превысить 2,6...2,7 В после длительной зарядки под прямыми солнечными лучами. Фонарь требует полной зарядки в течение 4...5 ч, хорошо подойдёт залитый солнечным светом подоконник закрытого окна. После этого фонарь может работать непрерывно примерно 2 ч (**рис. 8**) При этом яркость свечения светодиода EL1 постепенно убывает.

Эта конструкция не содержит компонентов, нуждающихся в регулярной замене, при этом за счёт использования ионистора время работы фонаря существенно выше, чем у известных автору конденсаторных фонарей [2, 3], также, в отличие от [3], в данном фонаре нет компонентов, находящихся под высоким напряжением. Использование солнечных батарей делает возможным применение ионисторного фонаря в качестве резервного источника света в неэлектрифицированном дачном домике или гараже. Отсутствие потребности в сменных элементах питания или электросети для подзарядки аккумулятора позволяет использовать фонарь с максимальным отрывом от цивилизации, исключая разве что пещеры. Это делает ионисторный фонарь идеальным в качестве резервного источника света на случай каких-либо стихийных бедствий, исключая, разумеется, сценарии, в которых на некоторое время сильно уменьшится поступление солнечного света на поверхность Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Поляков В.** Солнечная энергетика — своими руками.— Юный техник, 2011, № 4, с. 73—77.

2. **Шемякин А.** Конденсаторный фонарь. — Моделист-конструктор, 2009, № 9, с. 22.

3. Фонарь на конденсаторах. — URL: **https://radioskot.ru/publ/bp/fonar_na_kondensatorakh/7-1-0-1342** (09.08.22).

# Ответы на викторину "Arduino: программная часть-12"

("Радио", 2022, № 9, с. 63, 64)

*Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь*

**1. Ответ — 1**. К плате Arduino Uno через ключ на транзисторе VT1 подключено реле K1. Контакты реле K1.1 коммутируют ток 10 мА, который задаётся резисторами R1, R2. В исходном состоянии в Arduino на входе D2 — лог. 1, на входе D3 — лог. 0. При подаче с порта D4 лог. 1 транзистор открывается, реле срабатывает, на входе D2 формируется низкий уровень, а на входе D3 — высокий уровень.

Особенностью схемы является выключатель SA1, который подключает параллельно катушке реле защитный диод VD1. Дело в том, что в справочных данных часто указывается время выключения реле отдельно с диодом (Release time with diode in parallel<5 мс) и без него (Release time without diode in parallel<3 мс). В тестере должны быть предусмотрены оба варианта замеров.

Диод ограничивает короткий импульс напряжения на стоке транзистора VT1 в момент выключения реле, когда возникает ЭДС самоиндукции. Практика показывает, что амплитуда импульса может в 50...80 раз превысить напряжение питания. Например, при питании 5 В на стоке транзистора может появиться импульсное напря-

жение 250...400 В. Чтобы транзистор не вышел из строя, он должен быть высоковольтным. В частности, у транзистора IRF820 максимально допустимое напряжение между стоком и истоком составляет 500 В [1].

**2. Ответ — 0**. Назначение скетча — измерить время выключения реле (строки 4, 8—10) и вывести результат на экран компьютера в микросекундах (строки 11, 12). Для повышения точности используется прерывание по входу D2 при спаде сигнала (параметры 0 и RISING в строке 8). Задержка в 1 с в строке 7 нужна для стабилизации замыкания контактов K1.1. Задержка времени 0,5 с в строке 10 гарантирует отработку прерывания.

Защитный диод VD1, который подключается выключателем SA1, не влияет на время включения, но всегда увеличивает время выключения реле. Как правило, это не критично, хотя может стать причиной "подгорания" контактов при частой коммутации и большом токе нагрузки. В таких случаях вместо диода ставят специально подобранную демпферную цепочку.

**3. Ответ — 0.** Назначение скетча — провести допусковый контроль времени "дребезга контактов" при включении реле K1. Норма задаётся в строке 2 по образцу "не более 2 мс".

На **рис. 1** показана условная осциллограмма процесса размыкания контактов согласно [2], совпадающая с графиком напряжения на входе D3 Arduino Uno. Начало графика — это момент открывания транзистора VT1 (строка 6). Время включения реле TO — это время опроса входа D3 в строке 7. Время "дребезга контактов" ТВ имитируется задержкой в строке 8. После этого в строках 9, 10 производится проверка окончания "дребезга" (время ТС), и на экран компьютера выводится результат (строки 11, 12).

**4. Ответ — 0**. Прибор P1, измеряющий сопротивление и (или) индуктивность, подключается параллельно катушке реле через сдвоенный переключатель SA1. Это позволяет полностью отсоединить внешние цепи, что особенно важно при измерениях индуктивности на переменном токе.

Факт установки переключателя в правое по схеме положение удостоверяет группа контактов SA1.1, с помощью которых на входе D6 Arduino формируется уровень лог. 0. Программа анализирует этот уровень в своих целях, а пользователь визуально контролирует его по гашению светодиода HL1.

**5. Ответ — 0**. Назначение скетча — вывод на компьютер информации о порядке измерения сопротивления катушки реле и сверки полученных результатов. Ранжирование ведётся по мощности реле 140—360 мВт. Чем меньше мощность, тем выше так называемая "чувствительность" реле и ниже энергопотребление.

Особенностью скетча являются надписи на кириллице. В старых версиях Arduino IDE такой подход мог бы вызвать нечитаемость текста после прошивки контроллера, но теперь кодировки редактора и встроенного терминала сделаны одинаковыми — UTF-8, и проблемы исчезли.

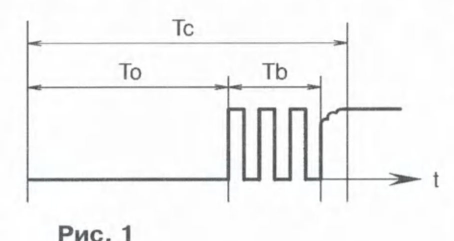



**Рис. 1**

Активация пункта меню **Инструменты→Исправить кодировку и перезагрузить** в рассматриваемом скетче ни на что не повлияет. Этот приём полезен в случае скачивания из Интернета чужого кода, который в редакторе IDE нельзя прочитать из-за разных кодировок.

**6. Ответ — 1**. Назначение скетча — аналогично вопросу 5, но с измерением индуктивности и с программной проверкой состояния входа D6 Arduino (строка 7), чтобы удостовериться в переводе переключателя SA1 в правое по схеме положение.

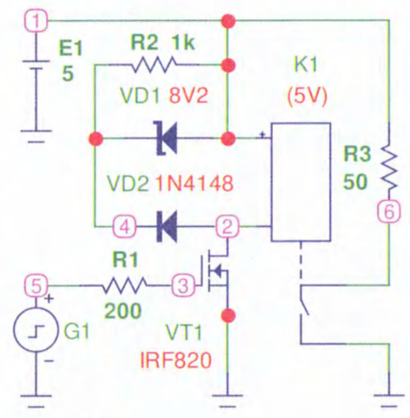



**Рис. 2**

Индуктивность катушки в справочных данных на низковольтные реле, как правило, не указывается, хотя методика измерения в [2] описана. Полезность этого параметра проявляется при компьютерном моделировании.

На **рис. 2** показана схема, составленная в программе Micro-Cap 12.2.0.5, где элемент **Analog Primitives→Macros Relays→Relay1** содержит реально измеренные параметры реле Songle SRU-5VDCSLC: $R_{COIL}$ = 74 Ом, $L_{COIL}$ = 70 мГн, $R_{ON}$ = 20 мОм, $R_{OFF}$ = = 100 МОм (справочное значение), $I_{ON}$ = $V_{PICK-UP}$/RCOIL = 41 мА, IHOLD = = $V_{DROP-OUT}$/RCOIL = 10 мА. Модель не учитывает задержку времени, связанную с "механикой" реле, но для оценочного анализа электрической части этого достаточно.

Результаты моделирования времени выключения реле показывают, что одиночный защитный диод лучше применять импульсный 1N4148, чем силовой 1N4004 или диод Шоттки 1N5819. Правда, разница небольшая, доли миллисекунд. Гораздо больший выигрыш во времени обеспечивает демпферная цепочка "диод + стабилитрон + резистор", где стабилитрон увеличивает всплеск напряжения в допустимых пределах, а резистор снижает колебательный "звон" сигнала, т. е. уменьшает электромагнитные помехи (**рис. 3**).

**7. Ответ — 1**. К плате Arduino подключается испытуемое реле K1, имеющее две независимые группы контактов K1.1, K1.2. Измерение сопротивления замкнутых контактов производится методом вольтметра—амперметра [2]. Для этого при токе 100 мА, который задаётся резисторами R1—R4, милливольтметром PV1 измеряют падение напряжения на соответствующих контактах, после чего по закону Ома рассчитывают сопротивление.

Поскольку реле K1 имеет две группы контактов на два положения, необходимо провести четыре измерения. Для этого милливольтметр PV1 подключают "минусовым" щупом к гнезду X5, а "плюсовым" — последовательно к гнёздам X1—X4 при включённом и выключенном реле.

**8. Ответ — 1**. Назначение скетча — провести допусковый контроль сопротивления замкнутых контактов реле K1.2 между резистором R3 и общим проводом. Измерение осуществляется милливольтметром на гнёздах X1—X5 в динамическом режиме, для чего в скетче в строке 10 сначала реле включается, затем в строке 11 выключается, после чего делается пауза 1 с для окончания переходных процессов.

Измеренное напряжение пересчитывается в сопротивление по формуле R[мОм] = V[мВ]/0,1[А], т. е. напряжению 5 мВ соответствует сопротивление 50 мОм. Если напряжение меньше 5 мВ, значит, норма. Разумеется, что для разных типов реле эта норма разная.

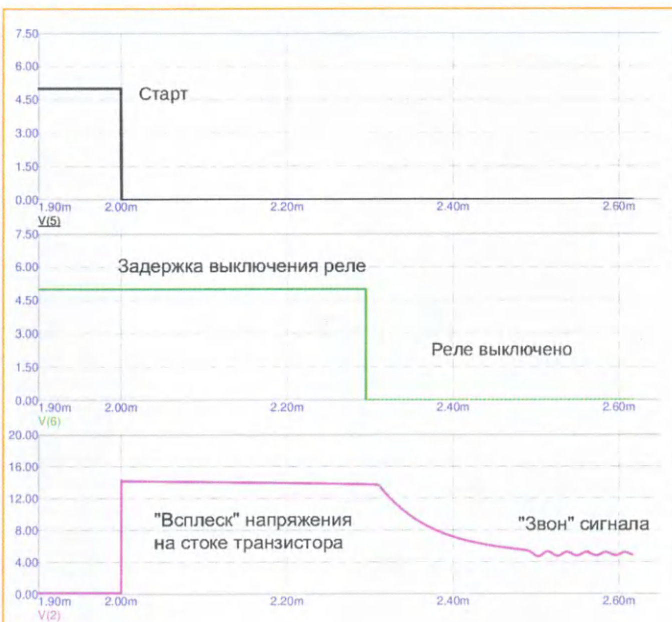



**Рис. 3**

Чтобы измерение проводилось многократно, вводится опрос клавиатуры нажатием на клавиши <1>, <Enter>. Функция **Serial.available** в строке 8 запоминает в буфере число введённых с клавиатуры символов. Функция **Serial.read** в строке 9 каждый раз уменьшает число символов в буфере на единицу. Следовательно, при нажатии на клавишу <1> надпись "If V<5 mV..." в строке 12 будет печататься один раз, а при нажатии на клавиши <1>, <2>, <3> — три раза подряд.

**9.** **Ответ — 0**. Назначение скетча — аналогично вопросу 8, но с клавиатуры вводится измеренное число милливольт (строки 6—9). Расчёт сопротивления контактов производится в строке 10 в миллиомах с выводом результата на компьютер (строки 11, 12).

Конвертацией символов, введённых с клавиатуры, в десятичные числа занимается оператор **Serial.parseInt** (строка 10). Символ "," для него означает конец ввода текста, поэтому дробное число 2,57 преобразуется в 2, т. е. любые милливольты с дробями будут округляться до меньшего целого. Для получения сопротивления результат умножается на 10, следовательно, на экране компьютера появляется надпись "R[мОм] = 20".

**10.** **Ответ — 1**. К плате Arduino Uno подключается реле K1, на катушку которого подаётся плавно изменяющееся напряжение. Это позволяет с помощью вольтметра PV1 зафиксировать пороги включения $V_{PICK-UP}$ и выключения $V_{DROP-OUT}$ реле [3]. Момент фиксации определяется логическим уровнем на входе D2 Arduino Uno.

Транзистор VT1 работает не в ключевом, а в линейном режиме. На его затвор поступает программно управляемое напряжение через канал ШИМ с вывода D9, далее через RC-фильтр R2C1 и сумматор R3—R5*. Резистор R3 в цепь фильтрации не входит, но он выполняет функцию высокоомного буфера для конденсатора C1, что полезно при объединении со схемой из вопроса 1.

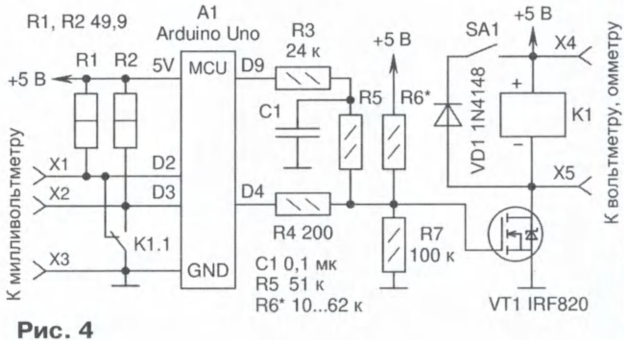



**Рис. 4**

В качестве примера на **рис. 4** показан один из возможных вариантов тестера, построенный по принципу объединения узлов. Реле K1 можно устанавливать в колодку. Транзистор VT1 в корпусе TO-220AB теплоотвода не требует.

Питание на плату Arduino Uno в тестере следует подавать от внешнего сетевого блока питания, а не от USB-гнезда компьютера, чтобы избежать просадок напряжения. При проверке параметров времени линия D9 должна настраиваться на вход. При проверке пороговых напряжений линия D4 должна настраиваться на вход.

Омметром следует пользоваться при выключенном питании 5 В. Для надёжности лучше провести два измерения сопротивления катушки реле с разной полярностью щупов и выбрать большее значение.

**11.** **Ответ — 0**. Назначение скетча — плавное повышение напряжения на катушке реле K1 (строка 9) с фиксацией напряжения $V_{PICK-UP}$ в момент переключения контактов K1.1 (строка 10). Частота сигнала ШИМ выбрана высокой — 62,5 кГц (строки 6, 7), чтобы снизить пульсации напряжения, поступающего на затвор транзистора VT1.

Подборкой резистора R5 устанавливается оптимальная рабочая точка транзистора VT1. Подбор нужен, поскольку порог включения транзистора IRF820 имеет большой технологический разброс $V_{GS(th)}$ = 2...4 В [1].

*Методика подбора*. Заменить текст в строке 9: **analogWrite(9, 0); delay(40);**. Скомпилировать скетч, после чего на выходе D9 Arduino Uno сформируется низкий уровень напряжения. Это есть начало зоны управления. Теперь надо подобрать сопротивление резистора R5 так, чтобы вольтметр PV1 показывал напряжение 50...150 мВ, т. е. транзистор VT1 начал выходить на линейный режим. Для ориентира, R5 = 10 кОм при $V_{GS(th)}$ = 4 В; R5 = 62 кОм при $V_{GS(th)}$ = 2 В.

**12.** **Ответ — 1**. Назначение скетча — аналогично вопросу 11, но с плавным снижением напряжения на катушке реле K1, чтобы после остановки зафиксировать напряжение $V_{DROP-UP}$ внешним вольтметром PV1.

Сообщение "Error!" в строке 11 появляется только тогда, когда переменная **flag = 0**. Это может случиться при неисправности реле или слишком малом сопротивлении резистора R5. В аварийном варианте в строке 9 сформируются все возможные ступени выходного сигнала ШИМ. Число ступеней — 255, оно задаётся в строке 2. Длительность каждой ступени составляет 30 мс (строка 9), итого 255·0,03 = 7,6 с. Но если учесть начальную задержку времени 1 с в строке 7, то в сумме получается больше 8 с, что и является ответом на вопрос викторины.

ЛИТЕРАТУРА


1. IRF820. — URL: **http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irf820.pdf** (28.06.22).

2. ГОСТ IEC 61810-7—2013. Реле логические электромеханические. Часть 7. Методики испытания и измерения. — М.: Стандартинформ, 2015, 65 с.

3. **Сергеенко Р.** Ответы на викторину Arduino: программная часть-11 . — Радио, 2022, № 8, с. 63—64.


***От редакции**. Контрольная сумма должна быть 2165.*

ЖУРНАЛ
# РАДИО
АУДИО•ВИДЕО•СВЯЗЬ•ЭЛЕКТРОНИКА•КОМПЬЮТЕРЫ

**Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140, р/с 40703810538090108833
в ПАО Сбербанк г. Москва, КПП 770801001,
К/с 30101810400000000225, БИК 044525225**

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 3240 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 4800 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 3840 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 5280 руб.

При оплате физическими лицами подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.

**Цена одного номера журнала в 2023 г. (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции по БЕЗНАЛИЧНОЙ оплате — 470 руб.**

| Год выпуска | Номер журнала | Стоимость одного номера в редакции | Стоимость одного номера с пересылкой | |
|---|---|---|---|---|
| | | | В Россию | В остальные страны |
| **2021** | 11—12 | 395 руб. | 490 руб. | 800 руб. |
| **2022** | 1—12 | 430 руб. | 530 руб. | 840 руб. |
| **2023** | 1—6 | 470 руб. | 570 руб. | 880 руб. |

При оплате подписки через интернет-сайт "Сбербанк онлайн" (online.sberbank.ru) Вам необходимо выбрать раздел "платежи и переводы", найти нашу организацию в поисковой строке по ИНН 7708187140 и далее заполнить (обязательно!) Ф.И.О., домашний адрес, за какие журналы или период подписки Вы переводите деньги, сумму и совершить платёж.

Журналы высылаются после поступления денег на расчётный счёт. Узнать о зачислении оплаты Вы можете, позвонив по телефону +7 (495) 607-87-39 или написав письмо на fin@radio.ru. При возникновении проблемы с доставкой журнала "Радио" из редакции пишите на sale@radio.ru. НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛЫ НЕ ВЫСЫЛАЕТ!

**Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032**







## В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2023 год, а также на 2012—2022 годы. Стоимость: 12 месяцев — 900 рублей. На сайте https://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный номер журнала 7 за 2011 год в качестве примера.

При оплате подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.




ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

# Dr.Web Security Space
## защитит ваш цифровой МИР



**Защита от хищений средств**

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга



**Защита от мошенников**

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО



**Защита от уязвимостей программ**

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях



**Защита данных и информации**

От удаления, порчи, шифрования и похищения



**Защита от захвата устройства и слежки**

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств



**Защита детей**

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круглосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

**Поддерживаемые ОС**







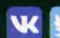



**Техподдержка компании «Доктор Веб»:**

https://support.drweb.ru

**Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:**

https://www.drweb.ru/user/social






**Сайты компании «Доктор Веб»:**

https://антивирус.рф

https://drweb.ru







125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный),
факс: +7 495 789-45-97